



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΕΑΕΚ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ  
ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



  
**ΠΑΙΔΕΙΑ ΜΠΡΟΣΤΑ**  
2<sup>ο</sup> Επιχειρησιακό Πρόγραμμα  
Εκπαίδευσης και Αρχικής  
Επαγγελματικής Κατάρτισης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ & ΑΡΧΙΚΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ  
(Ε.Π.Ε.Α.Ε.Κ. II)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΡΑΞΕΩΝ: 2.2.2.α. Αναμόρφωση Προπτυχιακών Προγραμμάτων Σπουδών

ΤΙΤΛΟΣ ΥΠΟΕΡΓΟΥ: **Αναμόρφωση και προσαρμογή του Προγράμματος Προπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου του Τ.Ε.Ι. Λάρισας στις νέες απαιτήσεις**

ΦΟΡΕΑΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: Τ.Ε.Ι. Λάρισας

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΕΡΓΟΥ: **Δρ. Βύρων Τάντος**  
Αναπληρωτής Καθηγητής

## **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΠΛΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ**

### **ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ**

**ΓΟΥΛΑΣ ΑΝΤΩΝΗΣ**

Εργαστηριακός Συνεργάτης

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2003

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΞΥΛΟΥ**



**ΘΕΜΑ: 'CAD ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ'  
ΣΥΝΤΑΚΤΗΣ: ΓΟΥΛΑΣ ΑΝΤΩΝΗΣ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ**

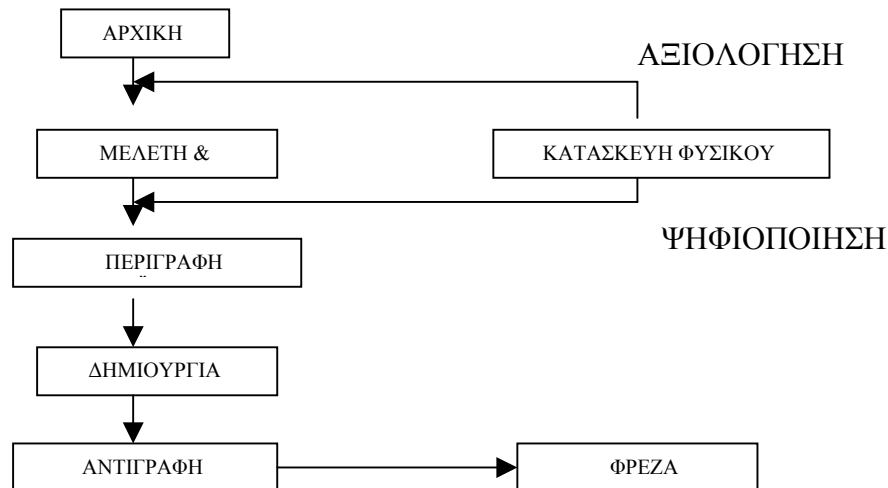
**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2003**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

α/α		
1	Μετάβαση από την παραδοσιακή σχεδιομελέτη στη μέθοδο CAD	3
2	Ορισμός CAD	5
3	Το περιβάλλον εργασίας για τη σχεδίο μελέτη με Η/Υ	5
4	Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων	7
5	Βασικά στοιχεία CAD δισδιάστατου σχεδιασμού	10
6	Σημείο	10
7	Γραμμές	11
8	Τόξα	11
9	Κύκλοι	12
10	Πολύγωνα	12
11	Ορθογώνια	13
12	Προτερήματα χρήσης και αξιολόγηση συστημάτων CAD. Τμήματα που επηρεάζουν την επιλογή και εγκατάσταση συστήματος CAD	13
13	Γεωμετρική μοντελοποίηση – συστήματα CAD	22
14	Μοντέλα επιφανειών– Surface Modeling	37
15	Διαχείριση επιφανειών	43
16	Στερεά Μοντέλα– Solid Modeling	47
17	Βιβλιογραφία	53

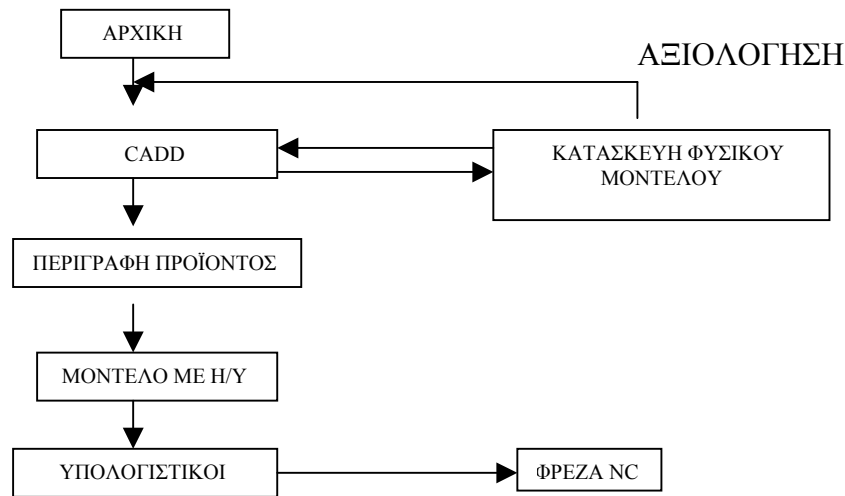
## 1. ΜΕΤΑΒΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ ΣΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ CAD

Επιλέγοντας την παραδοσιακή μέθοδο σχεδιομελέτης προϊόντος, ο μελετητής ακολουθεί το παρακάτω διάγραμμα διαδικασιών:



Αναλύοντας την παραπάνω διαδικασία ο μελετητής από την αρχική ιδέα θα πρέπει να σχεδιάσει στο χαρτί το προϊόν, ακολούθως θα πρέπει να κατασκευαστεί το φυσικό μοντέλο και να αξιολογηθεί ως προς τα χαρακτηριστικά του, εάν υπάρχουν διαφοροποιήσεις τροποποιείται το προϊόν κάνοντας νέο σχέδιο και νέο μοντέλο. Η παραπάνω ανακύκλωση επαναλαμβάνεται έως ότου καταλήξει ο μελετητής στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Αφού ο μελετητής καταλήξει ως προς την μορφή του μοντέλου, ακολουθεί η ψηφιοποίηση του προϊόντος δηλαδή η περιγραφή του μέσου του καθορισμού των προδιαγραφών παραγωγής. Στη συνέχεια δημιουργείται το πρωτότυπο μοντέλο από το οποίο θα γίνει η αντιγραφή και η αξιολόγηση προκειμένου με την φρέζα αντιγραφής να κατασκευαστούν τα καλούπια.

Επιλέγοντας την σχεδιομελέτη προϊόντος με την χρήση Η/Υ, ο μελετητής ακολουθεί το παρακάτω διάγραμμα διαδικασιών:



Αναλύοντας την παραπάνω διαδικασία ο μελετητής από την αρχική ιδέα θα πρέπει να σχεδιάσει με τον Η/Υ το προϊόν, ακολούθως θα πρέπει να κατασκευαστεί το φυσικό μοντέλο σε ηλεκτρονική μορφή και να αξιολογηθεί ως προς τα χαρακτηριστικά του, εάν υπάρχουν διαφοροποιήσεις τροποποιείται το προϊόν κάνοντας αλλαγές στο σχέδιο και το μοντέλο. Η παραπάνω ανακύκλωση επαναλαμβάνεται έως ότου καταλήξει ο μελετητής στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Αφού ο μελετητής καταλήξει ως προς την μορφή του μοντέλου, ακολουθεί η περιγραφή του προϊόντος μέσω του καθορισμού των προδιαγραφών παραγωγής. Στη συνέχεια δημιουργείται το πρωτότυπο μοντέλο με την χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών και ακολουθεί η αξιολόγηση του μέσω των υπολογιστικών μεθόδων προκειμένου να κατασκευαστούν τα καλούπια με την φρέζα NC.

Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους σχεδιομελέτης προϊόντος εντοπίζουμε διαφοροποιήσεις σε όλα τα στάδια εκτός από την αρχική ιδέα. Τα πλεονεκτήματα που παρέχονται από τον σχεδιασμό με την χρήση Η/Υ επικεντρώνονται στην εξοικονόμηση χρόνου και κατά συνέπεια κόστους των αλλαγών που αναπόφευκτα προκύπτουν από την αρχική ιδέα. Επίσης αξιοσημείωτη είναι η άμεση και γρήγορη διασύνδεση των σταδίων ανάπτυξης της σχεδιομελέτης του προϊόντος μετά τον σχεδιασμό με Η/Υ.

## 2. ΟΡΙΣΜΟΣ CAD

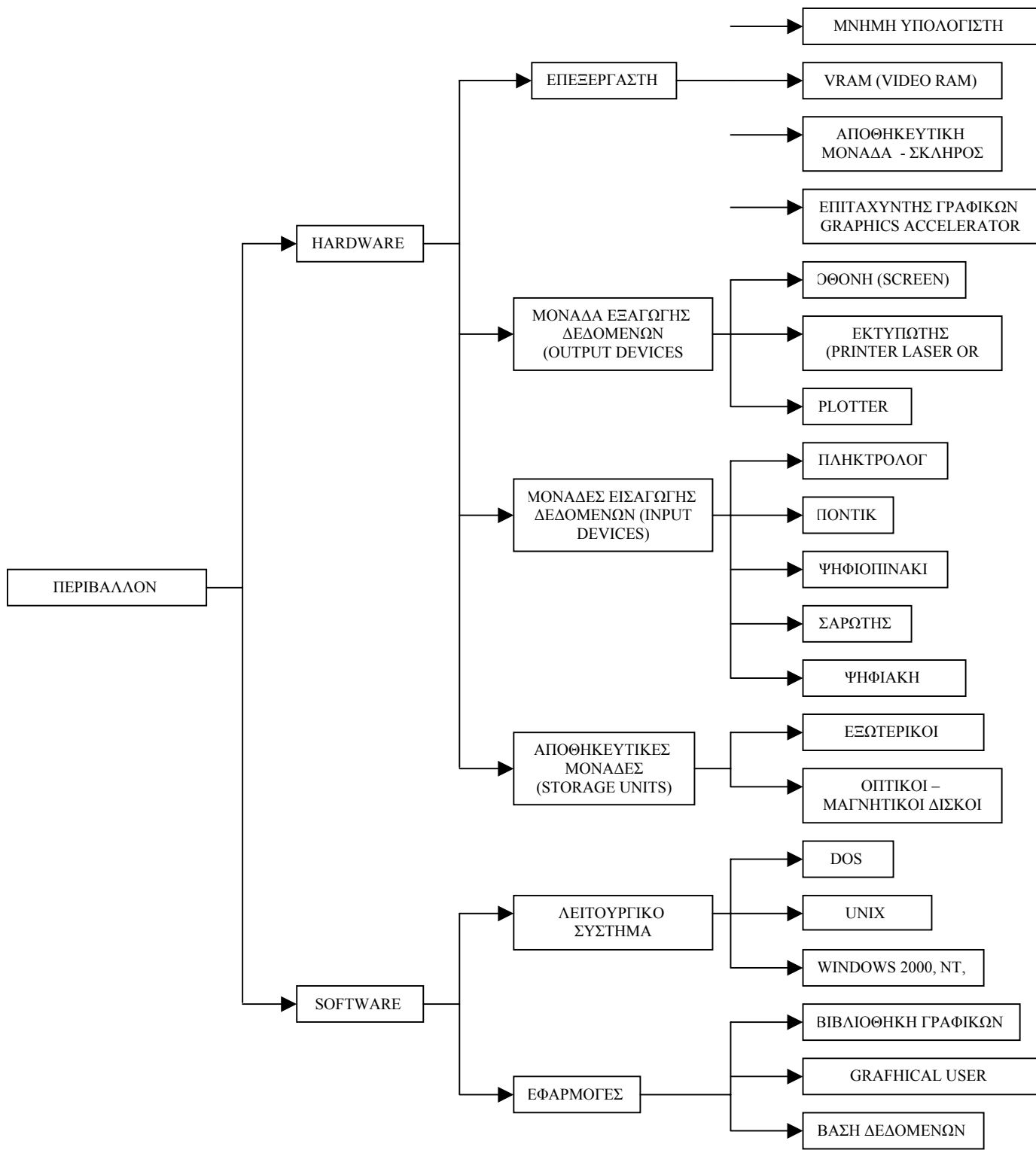
Είναι η σχεδιομελέτη ενός προϊόντος με την χρήση τεχνολογίας γραφικών, βάσεων δεδομένων, μαθηματικής μοντελοποίησης και ελέγχου δεδομένων.

## 3. ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ ΜΕ Η/Υ

Το περιβάλλον εργασίας για την σχεδιομελέτη με Η/Υ είναι μια συλλογή από συσκευές hardware και προγράμματα software. Με τον όρο hardware εννοούμε τα μηχανικά εκείνα μέρη του συστήματος που διεκπεραιώνουν την εισαγωγή, απεικόνιση και μαθηματική επεξεργασία δεδομένων. Με τον όρο software εννοούμε τα προγράμματα εκείνα που δημιουργούν, βάσει των δεδομένων, τις εικόνες καθώς επίσης και το λειτουργικό σύστημα. Σχεδιαγραμματικά, το περιβάλλον εργασίας των Η/Υ έχει την κάτωθι δομή:

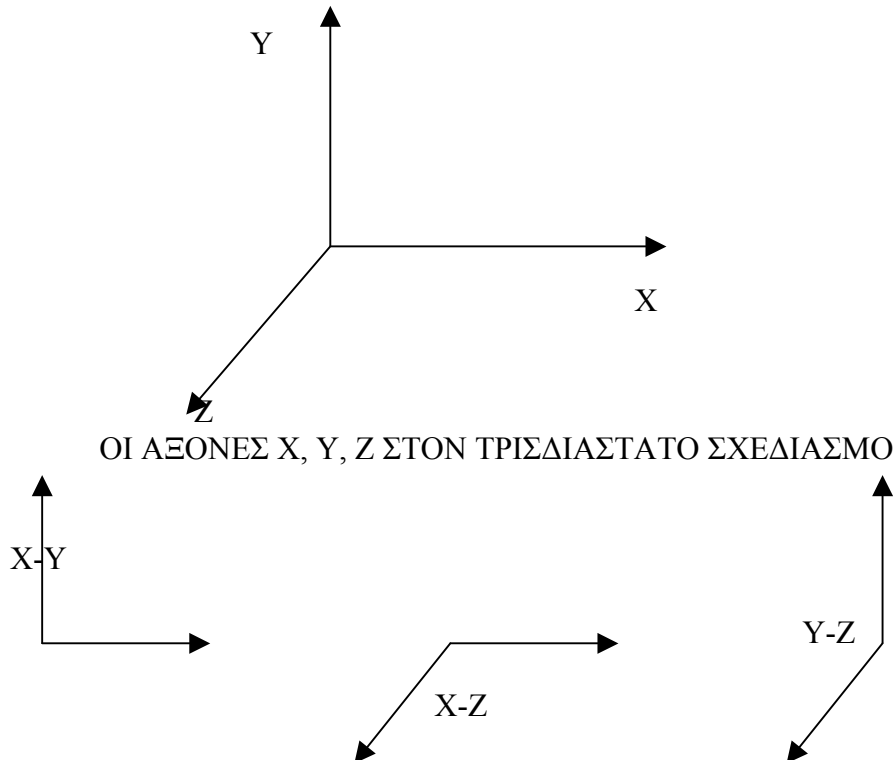


ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ (CPU)



#### 4. ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

Τα περισσότερα προγράμματα CAD χρησιμοποιούν το Καρτεσιανό Σύστημα Συντεταγμένων για την απεικόνιση του τρισδιάστατου χώρου. Το σύστημα αυτό βασίζεται σε τρεις άξονες (X, Y, Z) που αντιπροσωπεύουν το μήκος, το ύψος και το πλάτος (που στις περισσότερες περιπτώσεις εμφανίζεται ως βάθος). Κάθε ζεύγος αξόνων ορίζει και ένα επίπεδο στον τρισδιάστατο χώρο. Έτσι οι άξονες X-Z ορίζουν το οριζόντιο επίπεδο (μήκος), οι άξονες X-Y ορίζουν το κάθετο επίπεδο (ύψος) και οι Y-Z ορίζουν ένα άλλο κάθετο επίπεδο (βάθος).

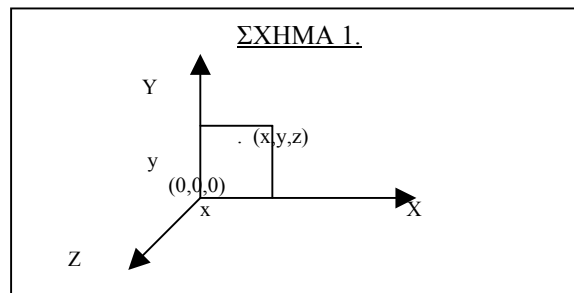




## ΤΑ ΕΠΙΠΕΔΑ X-Y, X-Z ΚΑΙ Z-Y ΣΤΟΝ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

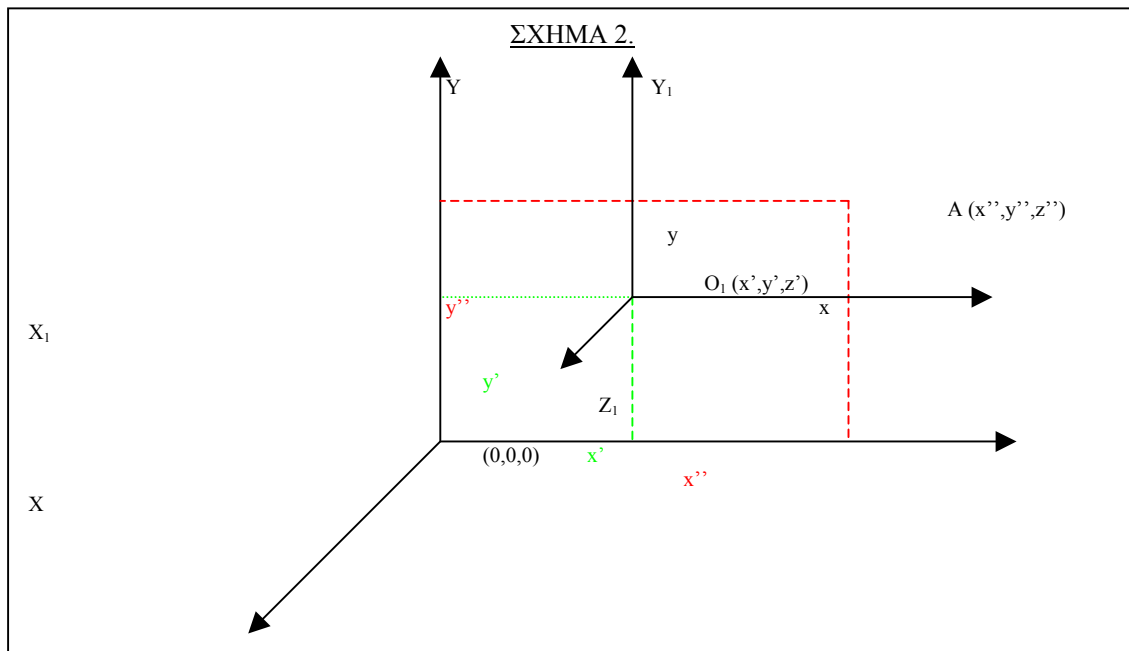
Τρεις είναι οι σύνηθες τρόποι με τους οποίους ορίζουμε σημεία στον τρισδιάστατο χώρο:

**1. Απόλυτες συντεταγμένες:** ορίζονται βάση του απόλυτου σημείου  $(0,0,0)$  που είναι και η τομή των τριών αξόνων  $(x,y,z)$  (Σχήμα1.). Η τιμή του  $x$  αντιπροσωπεύει την απόσταση από την αρχή των αξόνων της καθέτου προβολής του σημείου στον άξονα  $X$ . Η τιμή του  $y$  αντιπροσωπεύει την απόσταση από την αρχή των αξόνων της καθέτου προβολής του σημείου στον άξονα  $Y$ . Η τιμή του  $z$  αντιπροσωπεύει την απόσταση από την αρχή των αξόνων της καθέτου προβολής του σημείου στον άξονα  $Z$



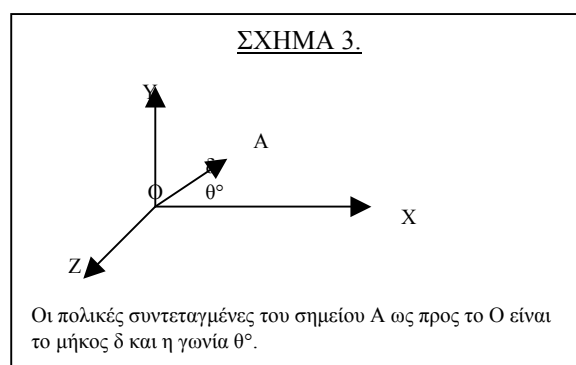
**2. Σχετικές Συντεταγμένες :** ορίζονται βάσει του αμέσως προηγούμενου σημείου και σε σχέση με αυτό. Για να βρούμε τις σχετικές συντεταγμένες  $(x,y,z)$  ενός σημείου  $A$  με απόλυτες συντεταγμένες  $(x'',y'',z'')$  σε σχέση με ένα άλλο σημείο  $O_1$  με απόλυτες συντεταγμένες  $(x',y',z')$  αρκεί από τις απόλυτες συντεταγμένες του  $A$  να αφαιρέσουμε τις απόλυτες συντεταγμένες του  $B$  (Σχήμα 2):

$$x=x''-x', \quad y=y''-y', \quad z=z''-z'$$



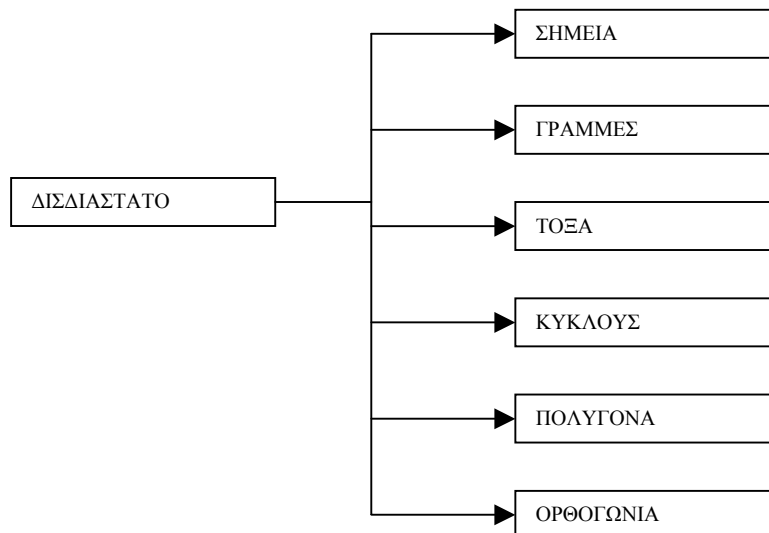
Οι σχετικές συντεταγμένες ενός σημείου A ως προς ένα σημείο  $O_1$  είναι οι συντεταγμένες που έχει το σημείο A σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων του οποίου η κορυφή βρίσκεται στο σημείο  $O_1$  με συντεταγμένες  $(x', y', z')$  και όχι στο σημείο  $O(0,0,0)$ .

**3. Πολικές Συντεταγμένες :** ορίζονται πάντα με βάση ένα αρχικό σημείο O, το μήκος του διανύσματος που ενώνει το αρχικό σημείο O με το σημείο που μας αφορά A και την οριζόντια γωνία (κλίση) του διανύσματος σε σχέση με το άξονα αναφοράς μας (Σχήμα 3).



## 5. ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ CAD ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Σε όλα τα προγράμματα CAD υπάρχει μια ιεραρχία των βασικών στοιχείων σχεδιασμού. Το δομικό σχεδιαστικό στοιχείο όλων των προγραμμάτων CAD είναι η γραμμή. Ο τρόπος ορισμού της γραμμής καθώς και όλων των υπολοίπων στοιχείων θα περιγραφεί ακολούθως. Αρχικά παραθέτουμε τα δομικά σχεδιαστικά στοιχεία για τον δισδιάστατο σχεδιασμό:



## 6. ΣΗΜΕΙΟ

Το σημείο αποτελεί ένα από τα κυριότερα στοιχεία του σχεδιασμού με χρήση Η/Υ. Για τον πλήρη ορισμό οποιουδήποτε άλλου στοιχείου απαιτείται ο προσδιορισμός των σημείων που το προσδιορίζουν. Για παράδειγμα όπως θα δούμε σε επόμενη παράγραφο ο ορισμός ενός ευθυγράμμου τμήματος πραγματοποιείται με τον καθορισμό των δύο άκρων του αρχή και τέλους.

Ένα σημείο ορίζεται με τρεις τρόπους. Με χρήση καρτεσιανών συντεταγμένων, με χρήση πολικών συντεταγμένων ή χρήση σχετικών συντεταγμένων ως προς κάποιο άλλο σημείο.

## 7. ΓΡΑΜΜΕΣ

Οι γραμμές χωρίζονται σε ευθείες, ημιευθείες και ευθύγραμμο τμήματα.

Η ευθεία για να οριστεί πλήρως απαιτείται ο καθορισμός ενός σημείου (το οποίο ορίζεται όπως αναφέρει η παραπάνω παράγραφος) από το οποίο διέρχεται η ευθεία καθώς και η κατεύθυνση της ευθείας (η κατεύθυνση ενός ευθύγραμμου τμήματος ορίζεται από την γωνία που σχηματίζει αυτό με τον άξονα τον X).

Η ημιευθεία για να οριστεί πλήρως απαιτείται ο καθορισμός ενός σημείου το οποίο αποτελεί την αρχή της ημιευθείας καθώς και η κατεύθυνση της ημιευθείας.

Το ευθύγραμμο τμήμα για να οριστεί πλήρως απαιτείται ο καθορισμός δύο σημείων τα οποία αποτελούν την αρχή και το τέλος του.

## 8. ΤΟΞΑ

Το τόξο για να οριστεί πλήρως απαιτείται ο καθορισμός τριών σημείων από τα οποία διέρχεται αυτό. Τα δύο από αυτά αποτελούν την αρχή και το τέλος του τόξου ενώ το τρίτο είναι ένα ενδιάμεσο σημείο. Εκτός από τον παραπάνω τρόπο προσδιορισμού του τόξου υπάρχουν έξι ακόμη τρόποι καθορισμού του τόξου.

*Πρώτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο από το οποίο αρχίζει το τόξο, να προσδιορίσουμε το κέντρο του τόξου και να προσδιορίσουμε το σημείο που τελειώνει το τόξο.

*Δεύτερος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο από το οποίο αρχίζει το τόξο, να προσδιορίσουμε το κέντρο του τόξου και να προσδιορίσουμε την επίκεντρη γωνία του τόξου.

*Τρίτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο από το οποίο αρχίζει το τόξο, να προσδιορίσουμε το κέντρο του τόξου και να προσδιορίσουμε το μήκος της χορδής του τόξου.

*Τέταρτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο από το οποίο αρχίζει το τόξο, να προσδιορίσουμε σημείο που τελειώνει το τόξο και να προσδιορίσουμε την επίκεντρη γωνία του τόξου.

*Πέμπτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο από το οποίο αρχίζει το τόξο, να προσδιορίσουμε το σημείο που τελειώνει το τόξο και να προσδιορίσουμε την κλίση της εφαπτομένης του τόξου στο αρχικό σημείο.

*Έκτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο από το οποίο αρχίζει το τόξο, να προσδιορίσουμε το σημείο που τελειώνει το τόξο και να προσδιορίσουμε την ακτίνα του κύκλου που διέρχεται από το τόξο.

## 9. ΚΥΚΛΟΙ

Ένας κύκλος για να περιγραφεί πλήρως απαιτούνται τρία τουλάχιστον σημεία μη συνευθειακά. Εκτός από τον παραπάνω τρόπο προσδιορισμού του τόξου υπάρχουν πέντε ακόμη τρόποι καθορισμού του κύκλου.

*Πρώτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο το οποίο αποτελεί το κέντρο του κύκλου και να προσδιορίσουμε την ακτίνα του κύκλου.

*Δεύτερος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε το σημείο το οποίο αποτελεί το κέντρο του κύκλου και να προσδιορίσουμε την διάμετρο του κύκλου.

*Τρίτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε τα δύο σημεία μιας διαμέτρου, το αρχικό και το τελικό.

*Τέταρτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε τις δύο εφαπτόμενες ευθείες στις οποίες εφάπτεται ο κύκλος καθώς και την ακτίνα του.

*Πέμπτος τρόπος* είναι να προσδιορίσουμε τις τρεις εφαπτόμενες ευθείες στις οποίες εφάπτεται ο κύκλος.

## 10. ΠΟΛΥΓΩΝΑ

Ένα πολύγωνο για να περιγραφεί πλήρως απαιτείται να προσδιοριστεί το πλήθος των γωνιών, αν είναι εγγεγραμμένο ή περιγεγραμμένο σε κύκλο και τέλος να προσδιορισθεί ο κύκλος με κέντρο και ακτίνα.

## 11. ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ

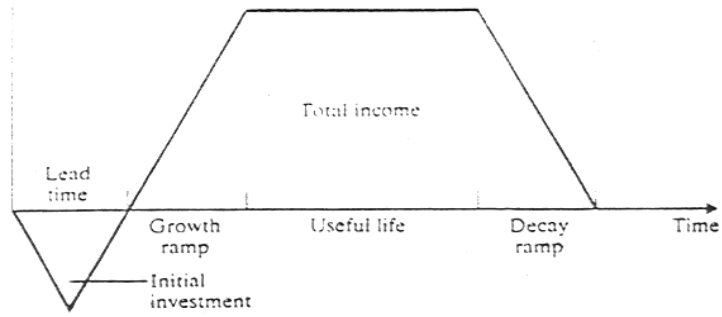
Ένα ορθογώνιο περιγράφεται πλήρως με τον καθορισμό των σημείων που αποτελούν τις δύο απέναντι διαγώνιες κορυφές του.

## 12. ΠΡΟΤΕΡΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD ΤΜΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CAD

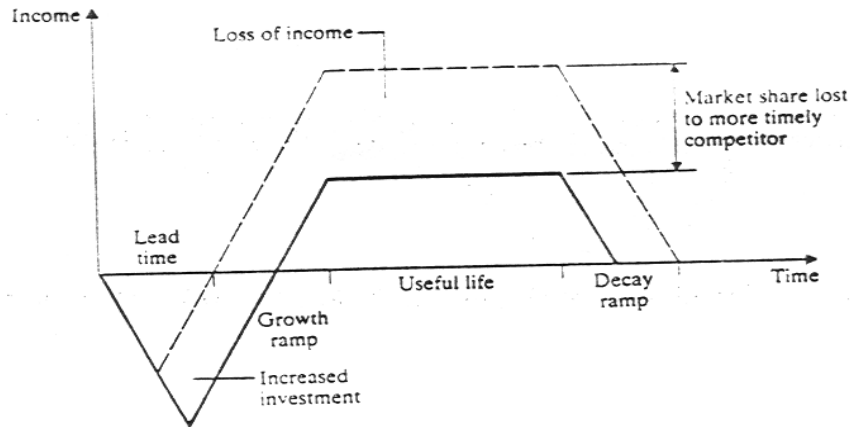
- ΕΜΠΟΡΙΚΟ (Μεγάλο φάσμα προϊόντων, άμεση παράδοση, χαμηλό κόστος, άμεσο χρόνο παραγωγής, καμία πρόβλεψη πωλήσεων)
- ΠΑΡΑΓΩΓΗ (Παραγωγή σε περισσότερα, καλλίτερα, φθηνότερα)
- ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (Διασφάλιση ποιότητας)
- ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ (Ασφαλής παράδοση)
- ΣΧΕΔΙΑΣΗ (Τεκμηρίωση κάθε νέου προϊόντος)
- ΔΙΟΙΚΗΣΗ (Χάραξη στρατηγικής και διατήρηση της)

### ΕΜΠΟΡΙΚΟ

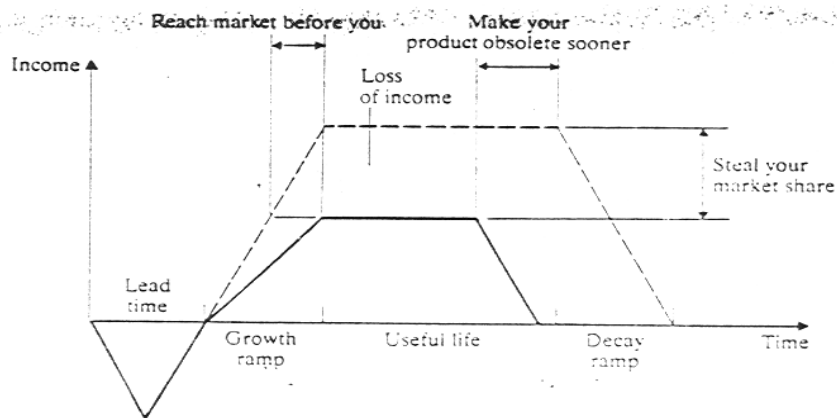
- Καλλίτερη συνεργασία με τον πελάτη (δυνατότητα λήψης σχεδίων και / ή αρχείων)
- Υποβολή καλλίτερων προτάσεων (Εγχρωμες εικόνες κλπ.)
- Μεγαλύτερη ακρίβεια στο τελικό κόστος (Χρήση EM-AE)
- Παραγωγή ποιοτικά αναβαθμισμένων προϊόντων
- Καλλίτερη εικόνα εταιρείας



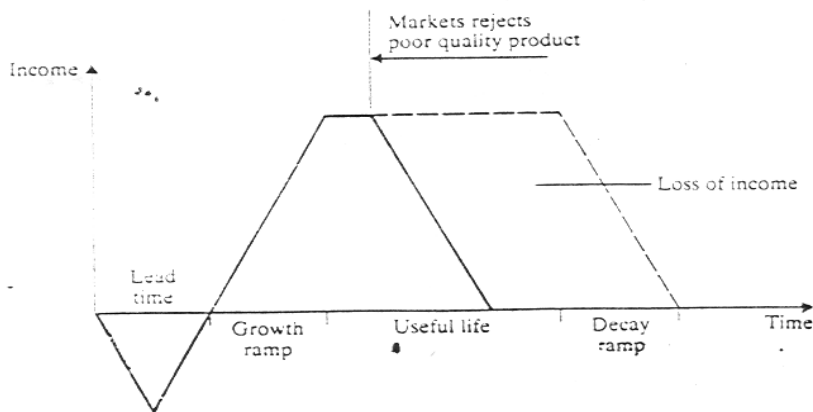
The product life cycle



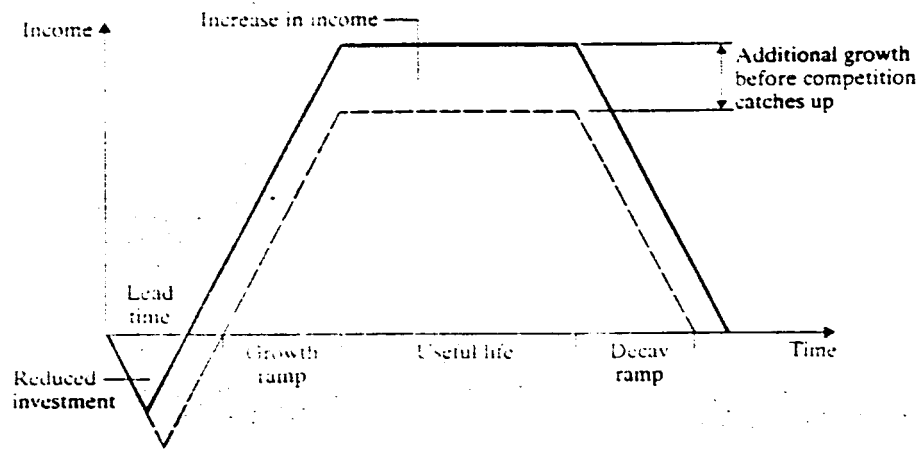
Effect of competition on the product life cycle



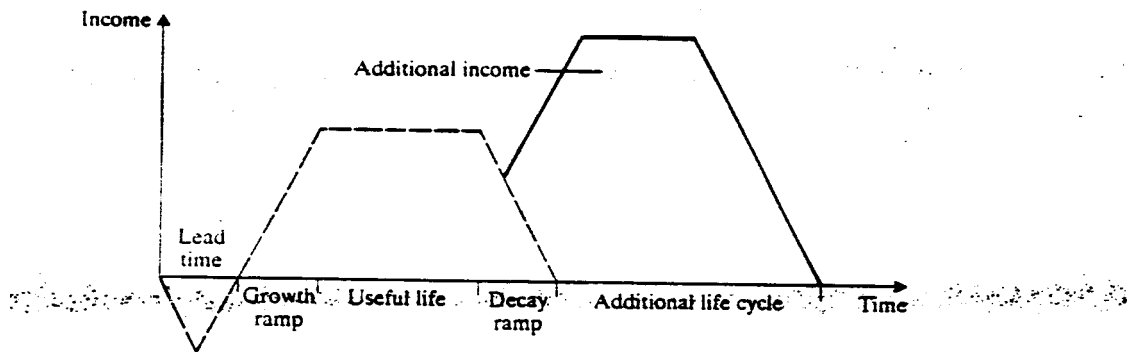
Effect of design time overrun on product life cycle



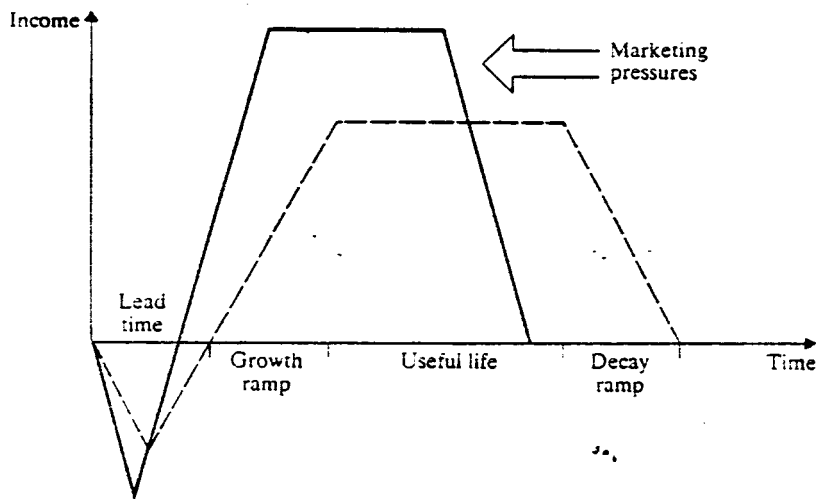
Effect of poor quality on product life cycle



Effect of shorter design time on product life cycle



Effect of reuse of design on product life cycle

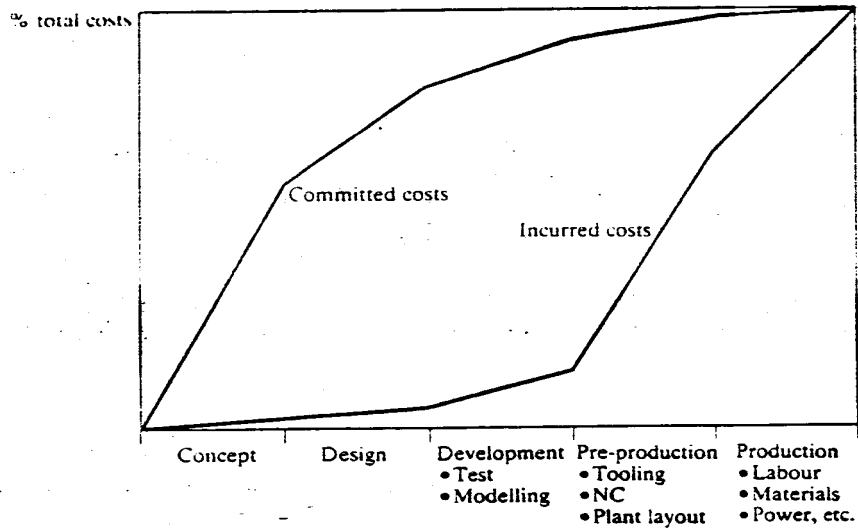


Effect of marketing pressures on product life cycle

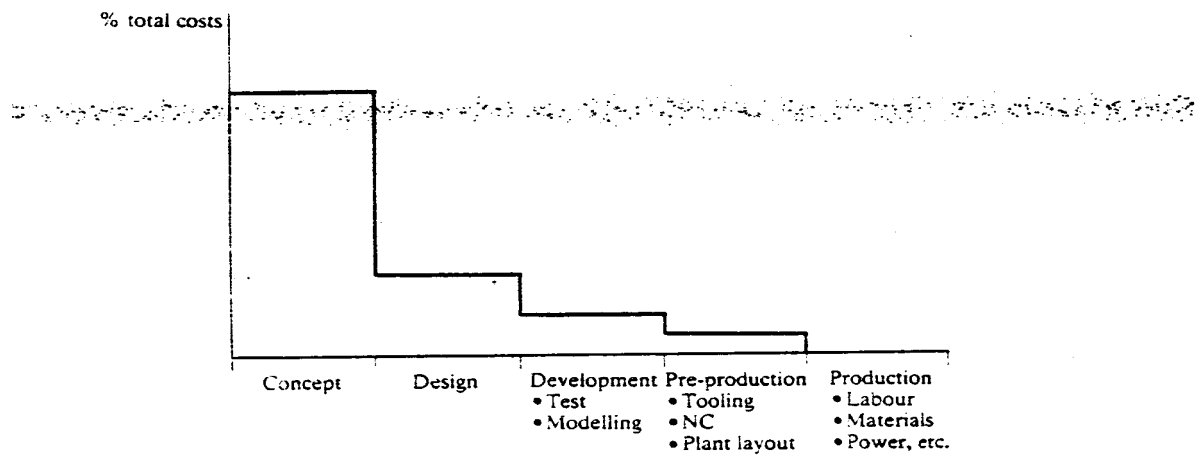


## ΠΑΡΑΓΩΓΗ

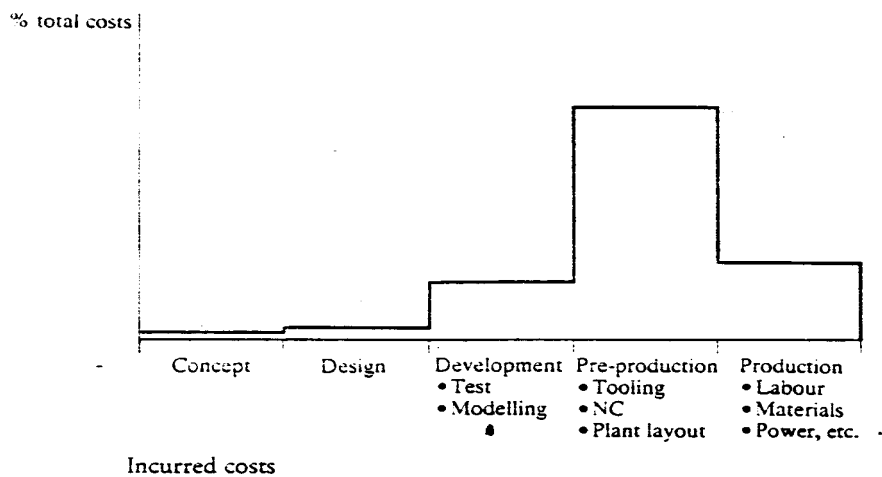
Σχέση σχεδίασης – μελέτης και κόστους προϊόντος



Costs of a new product



Committed costs



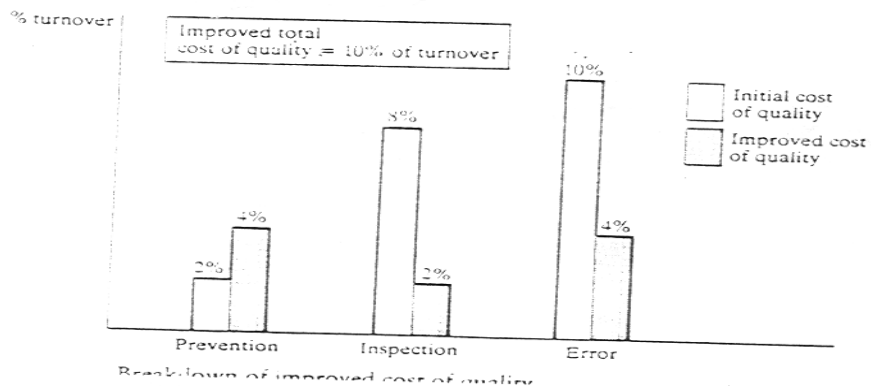
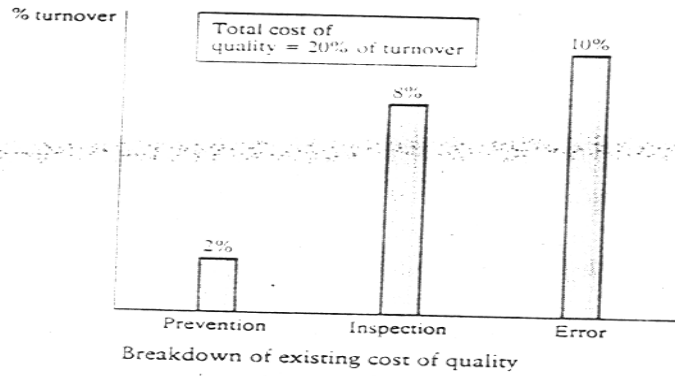
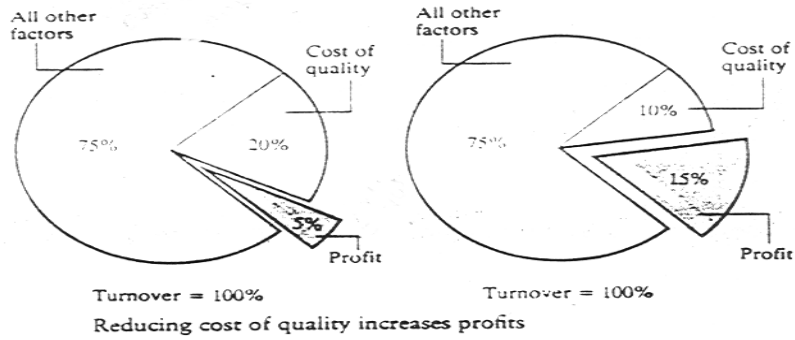
Incurred costs

- Design for Assembly (Σχεδίαση για συναρμολόγηση) και Design for Manufacture (Σχεδίαση για παραγωγή)

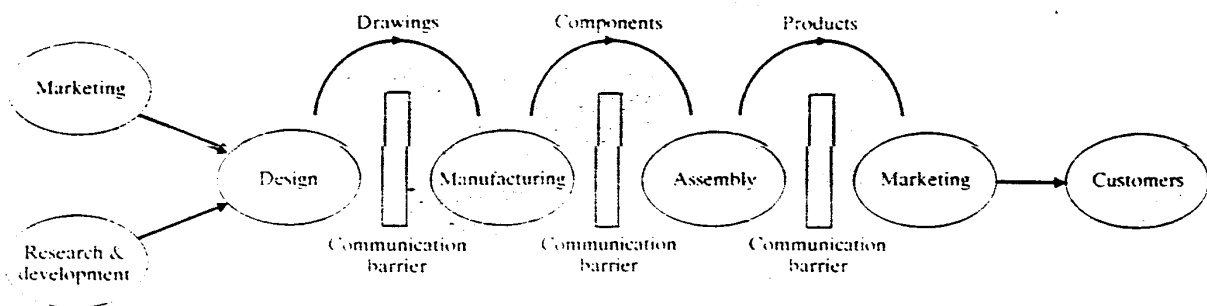
- Μείωση αριθμού αλλαγών στα σχέδια (ταυτόχρονη επεξεργασία)
- Καλλίτερη ποιότητα (λιγότερα σκάρτα)
- Μείωση αριθμού αντικειμένων (χρήση ιδίων αντικειμένων, κοινή βάση ορισμού νέων αντικειμένων)
- απλούστερα αντικείμενα
- Μείωση κόστους προετοιμασίας (χρήση ιδίων αντικειμένων ή απλών παραλλαγών)
- Επικοινωνία με παραγγελία υλικών (MRP) και NC (μείωση χρόνου προγραμματισμού)
- Βελτιστοποίηση χρήσης υλικών (ακριβέστερος προσδιορισμός διαστάσεων, απαιτήσεων υλικών κλπ.). Σχεδίαση εργαλείων πιο ακριβής (λιγότερες αλλαγές αντικειμένων).
- Διάταξη μηχανών

## ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Κόστος ποιότητας και μεταβολή του.

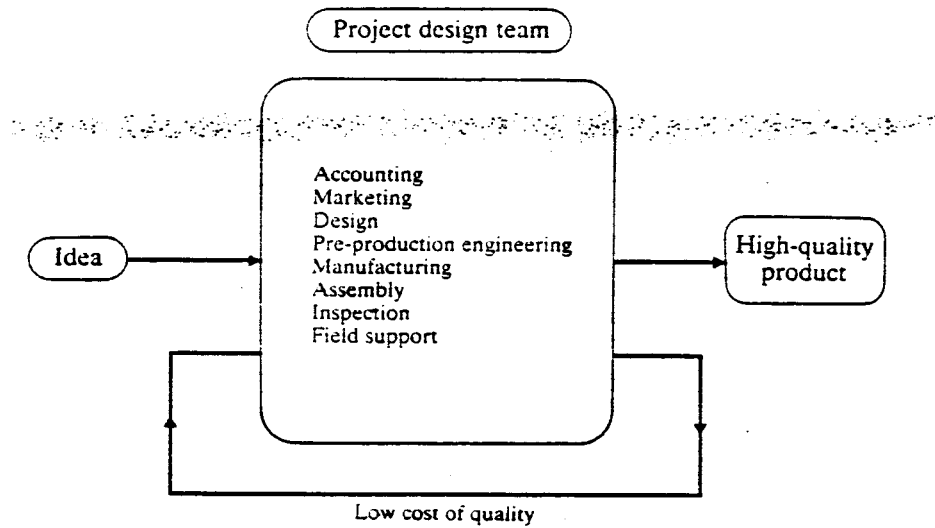


Συμβατική προσέγγιση στη σχεδίαση προϊόντος



Traditional approach to product development

Προσέγγιση με βάση τις αρχές της ολικής ποιότητας



Ένα σύστημα CAD μπορεί να συνεισφέρει στην επικοινωνία της ομάδας σχεδίασης.

## ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΚΤΥΠΩΣΗ

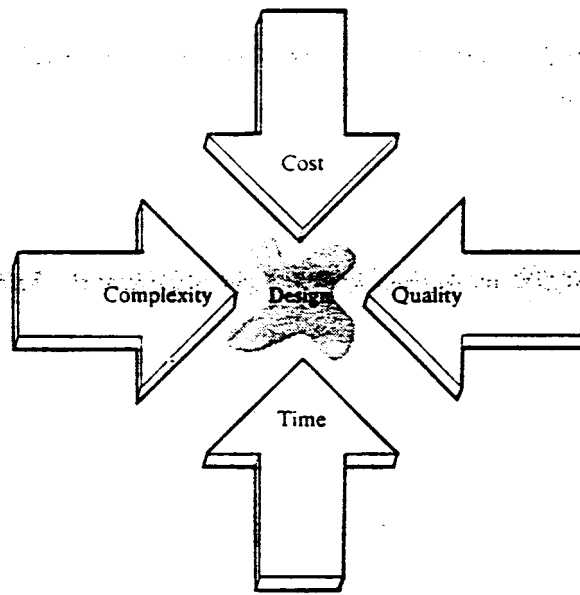
Πληροφορίες απαραίτητες για τη συσκευασία του προϊόντος αντλούνται από τη γεωμετρία του αντικειμένου.

Η συσκευασία ορισμένων προϊόντων απαιτεί αισθητικά αναβαθμισμένα προϊόντα που χρησιμοποιούν πολύπλοκες καμπύλες.

Η κατεργασία των καλουπιών είναι πολύ δύσκολη και απαιτεί ακρίβεια.

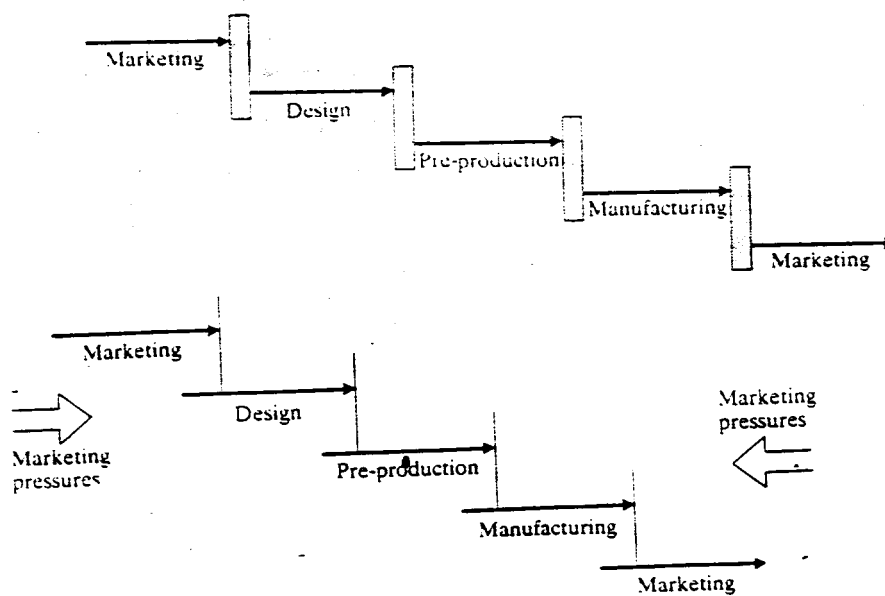
## ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Απαιτήσεις από το τμήμα σχεδίασης

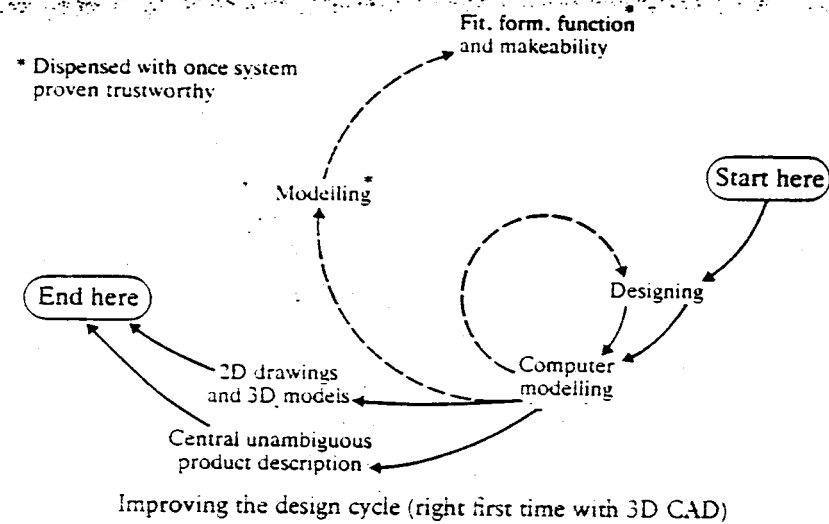
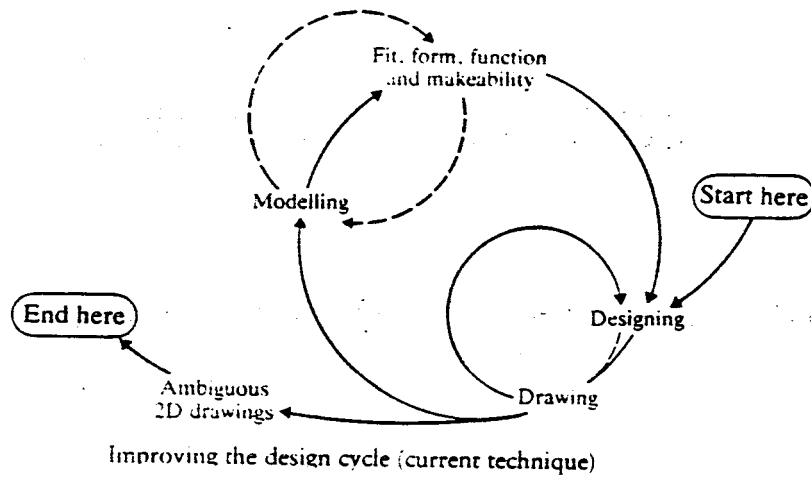


Pressures on design

Σύντμησης χρόνου εργασίας.



Προσομοίωση της πραγματικότητας και ταυτόχρονη διενέργεια λειτουργιών.  
 Συναρμολόγησης  
 Συνεργασίας  
 Κατασκευής  
 Απαιτήσεων



### 13. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD

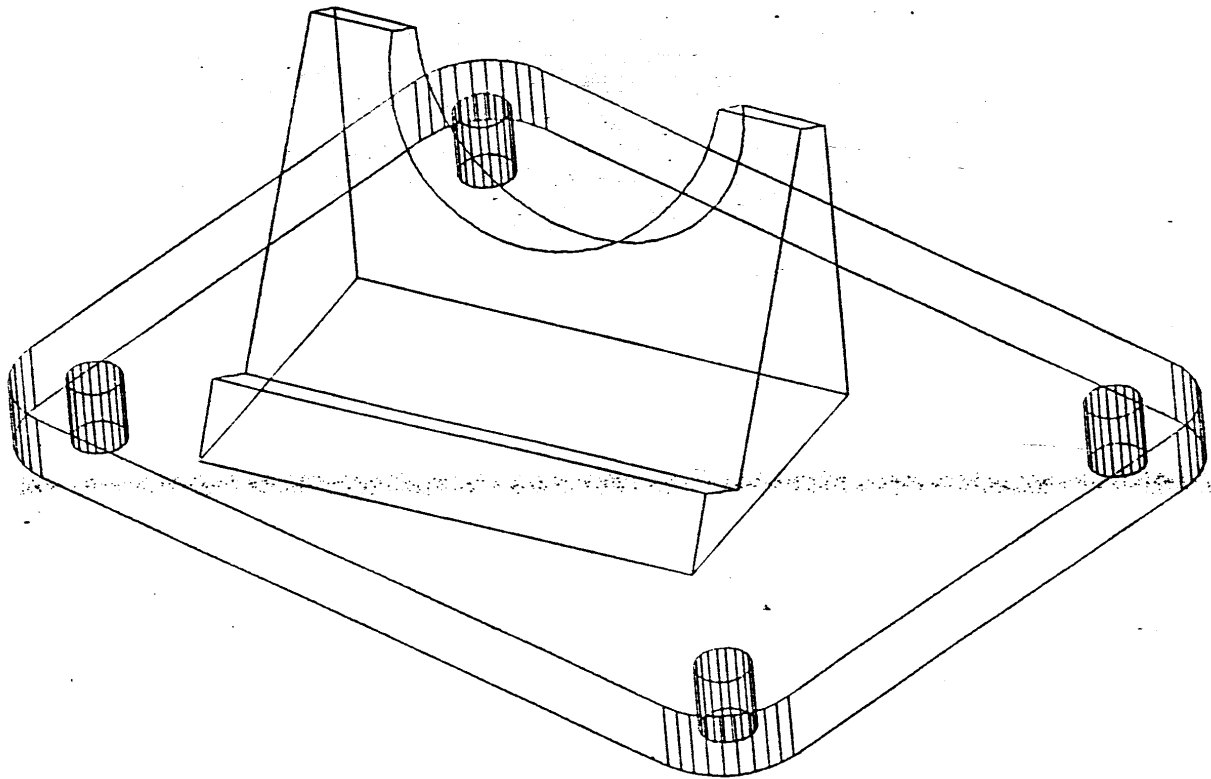
#### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

- Η τρισδιάστατη απεικόνιση απαραίτητη για τη μελέτη του προϊόντος
- Απαραίτητη προϋπόθεση η μονοδιάστατη απεικόνιση του πραγματικού αντικειμένου
- Τρεις μεθοδολογίες (συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης)
  - Μοντέλα σύρματος – Wire frame models
  - Μοντέλα επιφανειών – Surface models

- Στερεά μοντέλα – Solid models
  
- Επιλογή μοντελοποίησης ανάλογα με την εφαρμογή
- Χρονοβόρα διαδικασία που πρέπει να γίνεται μόνο εάν το μοντέλο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί και για άλλες εφαρμογές
- Ο χρήστης δεν "βλέπει" τον τρόπο μοντελοποίησης απλά χρησιμοποιεί τα εργαλεία του συστήματος
  
- Η θεωρία της μοντελοποίησης είναι απαραίτητη γιατί παρέχει στο χρήστη
  - Γνώση της ορολογίας του CAD / CAM
  - Δυνατότητα να αποφασίσει πιο σωστά ως προς το είδος των χρησιμοποιούμενων στοιχείων για την παραγωγή του μοντέλου του αντικειμένου
  - Δυνατότητα να ερμηνεύσει απρόσμενα αποτελέσματα
  - Δυνατότητα να αξιολογήσει πιο σωστά τα συστήματα CAD / CAM
  - Στους μηχανικούς παρέχει γνώση για νέα εργαλεία που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν και σε άλλες εφαρμογές

## ΜΟΝΤΕΛΑ ΣΥΡΜΑΤΟΣ

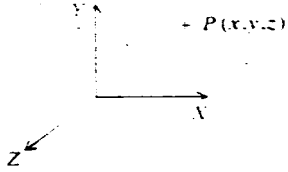
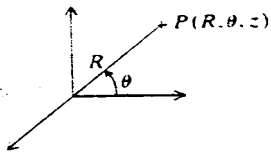
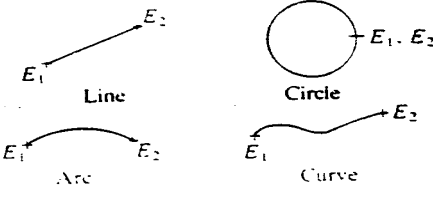
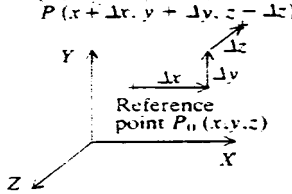
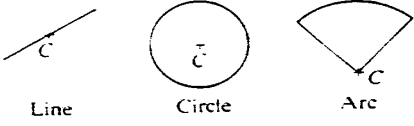
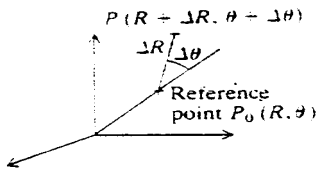





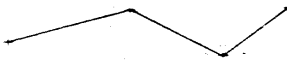
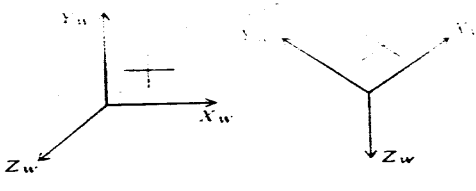
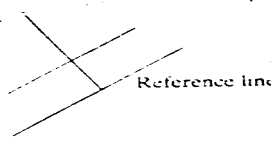
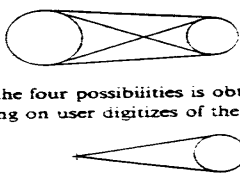
- Ένα μοντέλο σύρματος, ή μοντέλο ακμών, αποτελείται από σημεία, γραμμές, τόξα, κύκλους, κωνικές τομές και καμπύλες
- Η δυδιάστατη σχεδίαση υποπερίπτωση του μοντέλου σύρματος
- Το μοντέλο σύρματος παρέχει αυτόματη παραγωγή όψεων
- Ο χρήστης έχει στη διάθεση του μια σειρά από εργαλεία για τη δημιουργία των γεωμετρικών στοιχείων, την επιλογή γεωμετρικών στοιχείων, την εκτέλεση των μετασχηματισμών και τον ορισμό βοηθημάτων σχεδίασης, (πλέγμα (grid), κλείδωμα (snap)), κλπ. Στα σχήματα 1.1-1.5 φαίνονται τρόποι ορισμού σημείου, ευθυγράμμου τμήματος, κύκλου και τόξου, έλλειψης και παραβολής, και συνθετικών καμπυλών
- Τα δεδομένα ορισμού των διαφόρων γεωμετρικών στοιχείων μπορεί να είναι:
  - Λίστα κορυφών, λίστα ακμών και είδος ακμής
  - Λίστα κορυφών, λίστα ακμών, λίστα επιφανειών και είδος ακμής

- Μοντέλα σύρματος με γραμμικές ακμές
  - Τετράεδρο, (λίστα κορυφών, ακμών και είδος ακμής), σχ. 1.6
  - Κύβος, (λίστα κορυφών, ακμών και επιφανειών), σχ. 1.7. ...
  - Tesseract, (λίστα, ακμών), σχ. 18.
  
- Μοντέλα σύρματος με καμπυλόγραμμες ακμές
  - Κώνος (λίστα κορυφών, ακμών και είδος ακμής), σχ. 1-9.
  - Κύλινδρος, (λίστα κορυφών, ακμών και είδος ακμής), σχ. 1.10.
  - Σφαίρα, δύο μοντέλα, (λίστα κορυφών και ακμών), σχ. 1.11.

Σ.χ. 1.1 Μέθοδοι ορισμού σημείου σε σύστημα CAD.

Explicit methods	Implicit methods
<p>1. Absolute cartesian co-ordinates</p> 	<p>A digitize <math>d</math> (with or without an active grid)</p> <p style="text-align: center;"><math>+d</math></p> <p>Coordinates of resulting point can be obtained by using the "verify" command. Coordinates are measured relative to the MCS as discussed in Chap. 3</p>
<p>2. Absolute cylindrical coordinates</p>  <p>(Spherical coordinates are seldom used in practice)</p>	<p>Endpoint of an existing entity†</p> 
<p>3. Incremental cartesian coordinates</p> 	<p>Centerpoint (origin) of an existing entity†</p> 
<p>4. Incremental cylindrical coordinates</p>  <p>(Some CAD/CAM systems require moving the current WCS to the reference point <math>P_0</math> to avoid unexpected results)</p>	<p>Intersection point of two existing entities†</p> 

Σ.χ. 1.2 Μέθοδοι ορισμού γραμμής σε σύστημα CAD.

Method	Illustration
1. Points defined by any method of Table 5.1	
2. Horizontal (parallel to the X axis of the current WCS) or vertical (parallel to the Y axis of the current WCS)	
3. Parallel or perpendicular to an existing line	
4. Tangent to existing entities	 <p data-bbox="813 974 1236 1019">One of the four possibilities is obtained depending on user digitizes of the two circles</p> <p data-bbox="813 1086 1181 1108">One of the two possibilities is obtained</p>

Σ.χ. 1.3 Μέθοδοι ορισμού τόξου και κύκλου σε σύστημα CAD.

Method	Illustration
<p>1. Radius or diameter and center. In the case of an arc, beginning and ending angles <math>\theta_1</math> and <math>\theta_2</math> are required</p>	
<p>2. Three points defined by any method of Table 5.1</p>	
<p>3. Center and a point on the circle</p>	
<p>4. Tangent to line, pass through a given point, and with a given radius</p>	

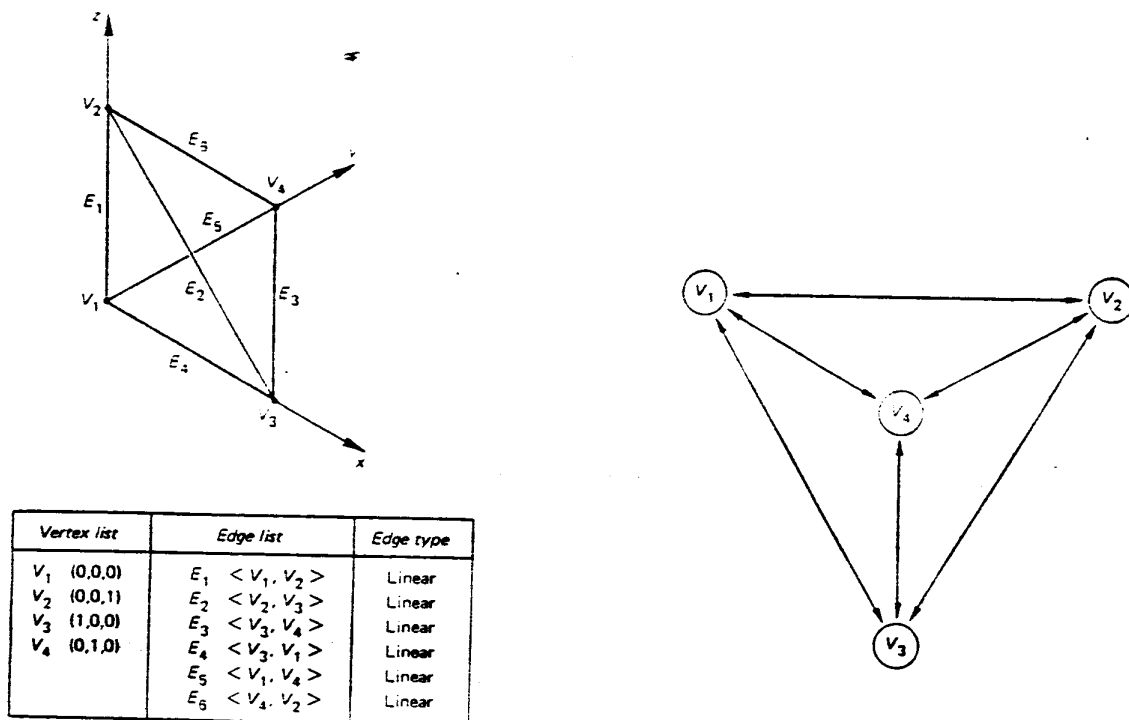
Σ.χ. 1.4 Μέθοδοι ορισμού έλλειψης και προβολής σε σύστημα CAD.

Methods	Illustration
<p>1. Ellipses</p> <p>(a) Center and axes lengths</p>	
<p>(b) Four points</p>	
<p>(c) Two conjugate diameters</p>	
<p>2. Parabolas</p> <p>(a) Vertex and focus</p>	
<p>(b) Three points</p>	

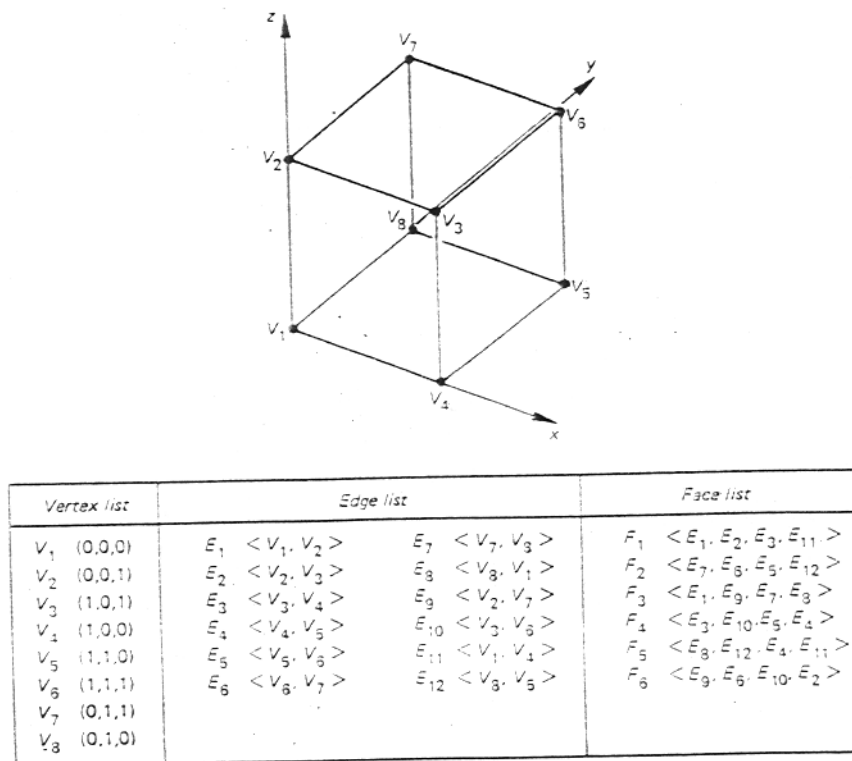
Σ.χ. 1.5 Μέθοδοι ορισμού συνθετικών καμπυλών σε σύστημα CAD.

Method	Illustration
<p>1. <i>Cubic spline</i></p> <p>A given set of data points and start and end slopes</p>	
<p>2. <i>Bezier curves</i></p> <p>A given set of data points</p>	
<p>3. <i>B-spline curves</i></p> <p>(a) Approximate a given set of data points</p> <p>(b) Interpolate a given set of data points</p>	

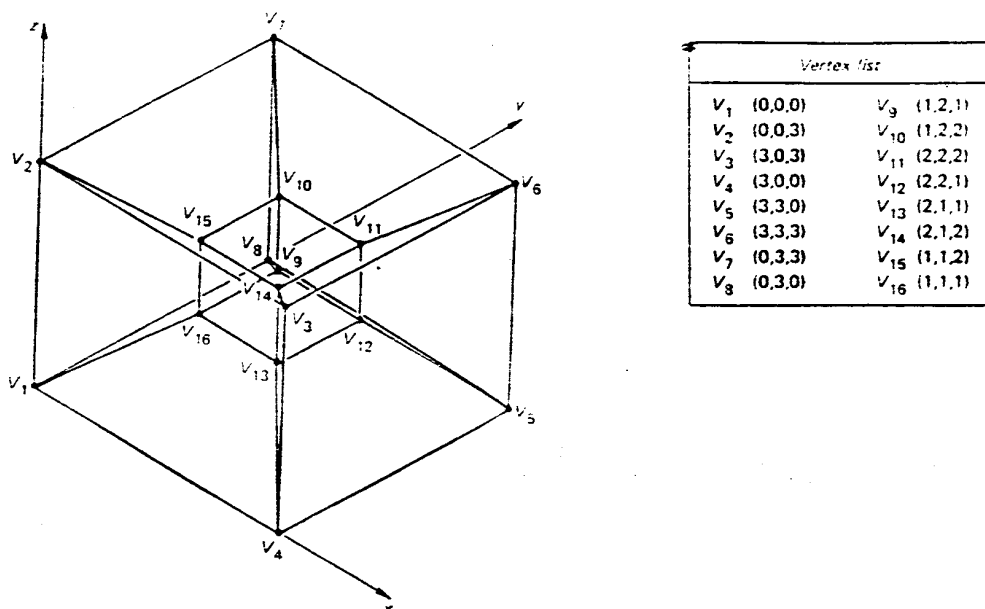
Σ.χ. 1.6 Γραμμικό μοντέλο σύρματος τετραέδρου.



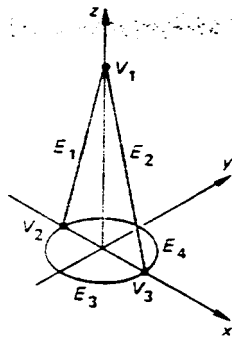
Σ.χ. 1.7 Γραμμικό μοντέλο σύρματος κύβου.



Σ.χ. 1.8 Γραμμικό μοντέλο σύρματος Tesseract.

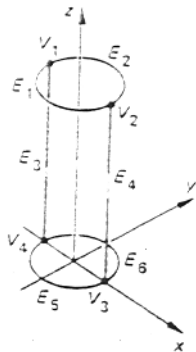


Σ.χ. 1.9 Καμπυλόγραμμα μοντέλο σύρματος κώνου.



Vertex list	Edge list	Edge type
$V_1$ (0,0,3)	$E_1$ $\langle V_1, V_2 \rangle$	Linear
$V_2$ (-1,0,0)	$E_2$ $\langle V_1, V_3 \rangle$	Linear
$V_3$ (1,0,0)	$E_3$ $\langle V_2, V_3 \rangle$	Semi-circular
	$E_4$ $\langle V_2, V_3 \rangle$	Semi-circular

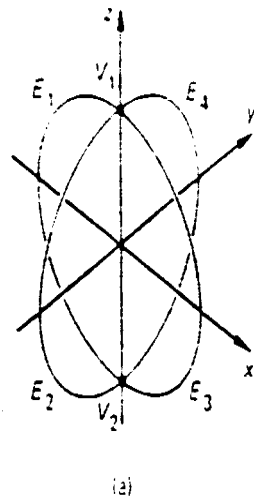
Σ.χ. 1.10 Καμπυλόγραμμα μοντέλο σύρματος κυλίνδρου.



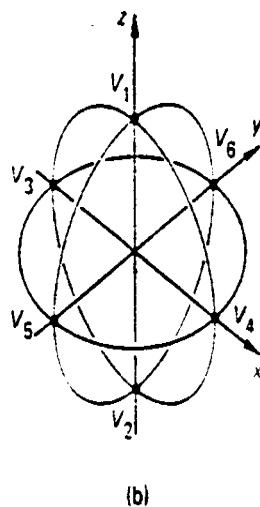
Vertex list	Edge list	Edge type
$V_1$ (-1,0,3)	$E_1$ $\langle V_1, V_2 \rangle$	Semi-circular
$V_2$ (1,0,3)	$E_2$ $\langle V_1, V_2 \rangle$	Semi-circular
$V_3$ (1,0,0)	$E_3$ $\langle V_1, V_4 \rangle$	Linear
$V_4$ (-1,0,0)	$E_4$ $\langle V_2, V_3 \rangle$	Linear
	$E_5$ $\langle V_3, V_4 \rangle$	Semi-circular
	$E_6$ $\langle V_3, V_4 \rangle$	Semi-circular



Σ.χ. 1.11 Δύο καμπυλόγραμμα μοντέλα σύρματος σφαίρας.



Vertex list	Edge list
$V_1$ (0,0,1)	$E_1$ $\langle V_1, V_2 \rangle$
$V_2$ (0,0,-1)	$E_2$ $\langle V_1, V_2 \rangle$
	$E_3$ $\langle V_1, V_2 \rangle$
	$E_4$ $\langle V_1, V_2 \rangle$

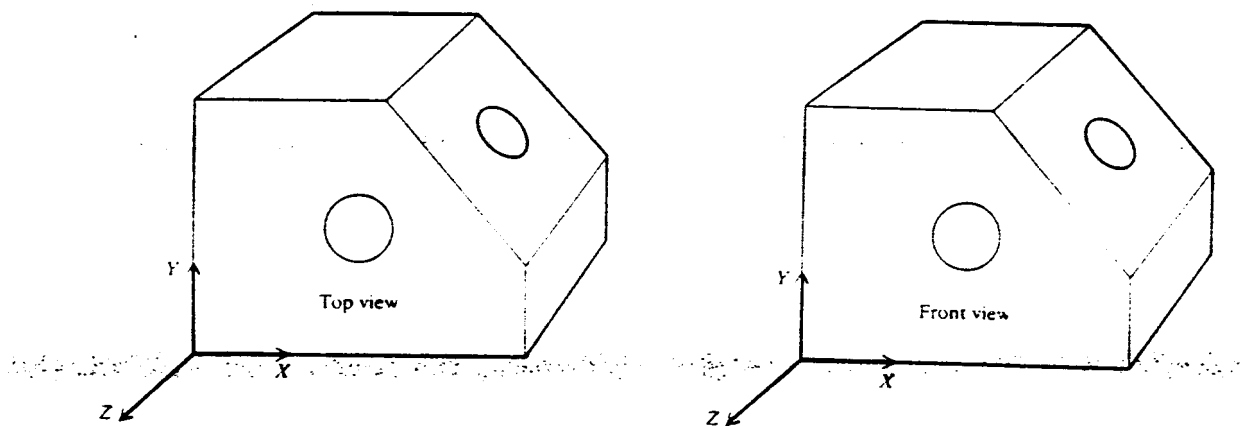


Vertex list	Edge list
$V_1$ (0,0,1)	$E_1$ $\langle V_1, V_3 \rangle$
$V_2$ (0,0,-1)	$E_2$ $\langle V_1, V_4 \rangle$
$V_3$ (-1,0,0)	$E_3$ $\langle V_1, V_5 \rangle$
$V_4$ (1,0,0)	$E_4$ $\langle V_1, V_6 \rangle$
$V_5$ (0,-1,0)	$E_5$ $\langle V_2, V_3 \rangle$
$V_6$ (0,1,0)	$E_6$ $\langle V_2, V_4 \rangle$
	$E_7$ $\langle V_2, V_5 \rangle$
	$E_8$ $\langle V_2, V_6 \rangle$
	$E_9$ $\langle V_3, V_5 \rangle$
	$E_{10}$ $\langle V_5, V_4 \rangle$
	$E_{11}$ $\langle V_4, V_6 \rangle$
	$E_{12}$ $\langle V_6, V_3 \rangle$

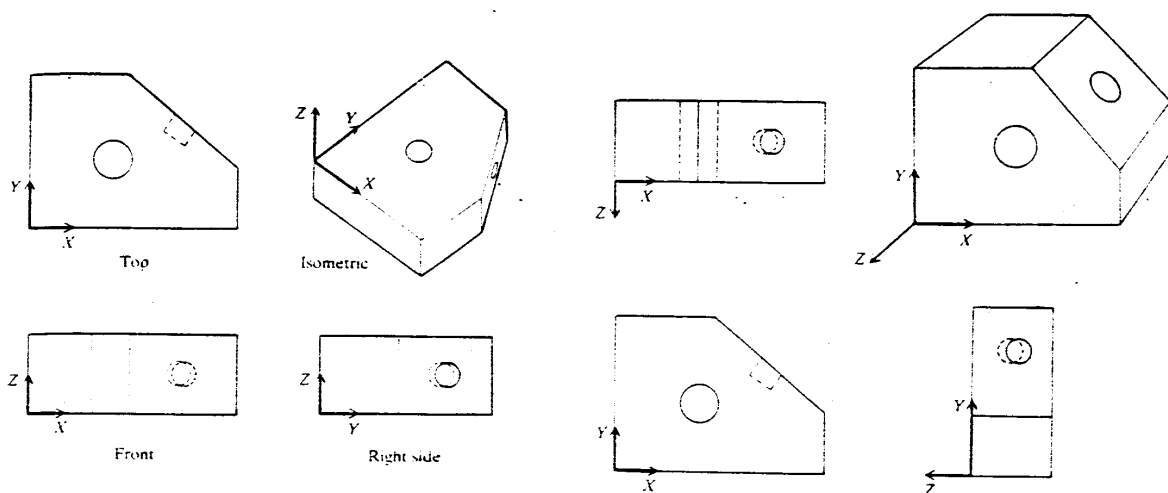
- Συστήματα συντεταγμένων
  - Σύστημα συντεταγμένων του μοντέλου (model or world coordinate system)
  - Σύστημα συντεταγμένων εργασίας (Working coordinate system)
  - Σύστημα συντεταγμένων οδόντης (Screen coordinate system)

- Σύστημα συντεταγμένων μοντέλου
  - Ο χρήστης ορίζει την αρχή του και το σύστημα τον προσανατολισμό του, Αντίστοιχα ορίζονται και οι όψεις του αντικειμένου.
  - Όλα τα δεδομένα του μοντέλου καταχωρούνται σε σχέση με το σύστημα αυτό, ανεξάρτητα από το τρόπο ορισμού τους.

Σ.χ. 1.12 Αντικείμενο και δύο συστήματα συντεταγμένων μοντέλου.

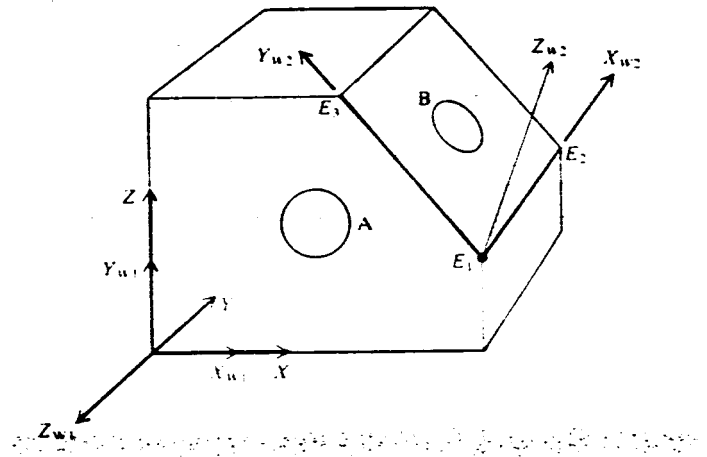


Σ.χ. 1.13 Όψεις του αντικειμένου ως προς τα δύο συστήματα συντεταγμένων.



- Σύστημα συντεταγμένων εργασίας
  - Ορίζεται από το χρήστη για τη δημιουργία των διαφόρων γεωμετρικών στοιχείων, όταν το σύστημα συντεταγμένων του μοντέλου και οι διάφορες προβολές του δεν επαρκούν, πχ. δημιουργία στοιχείων σε κεκλιμένη επιφάνεια

- Τα δεδομένα μετασχηματίζονται στο σύστημα του μοντέλου
- Διάφοροι τρόποι ορισμού ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο σύστημα, πχ. τρία σημεία ορίζουν την αρχή, τον άξονα X και το επίπεδο XY.
- Συνήθως δεν καταχωρούνται με το μοντέλο



Σχ.1-14. Συστήματα εργασίας που απαιτούνται για τον ορισμό των δύο σπών του αντικειμένου του Σχ.1-12.

- Σχέσεις μεταξύ συστήματος συντεταγμένων μοντέλου και εργασίας

$$P = [T] P_W \text{ όπου}$$

P σημείο στο σύστημα συντεταγμένων μοντέλου

$P_W$  το ίδιο σημείο στο σύστημα εργασίας

$$P = [x \ y \ z \ 1]^T$$

ο πίνακας μετασχηματισμού δίνεται από τη σχέση

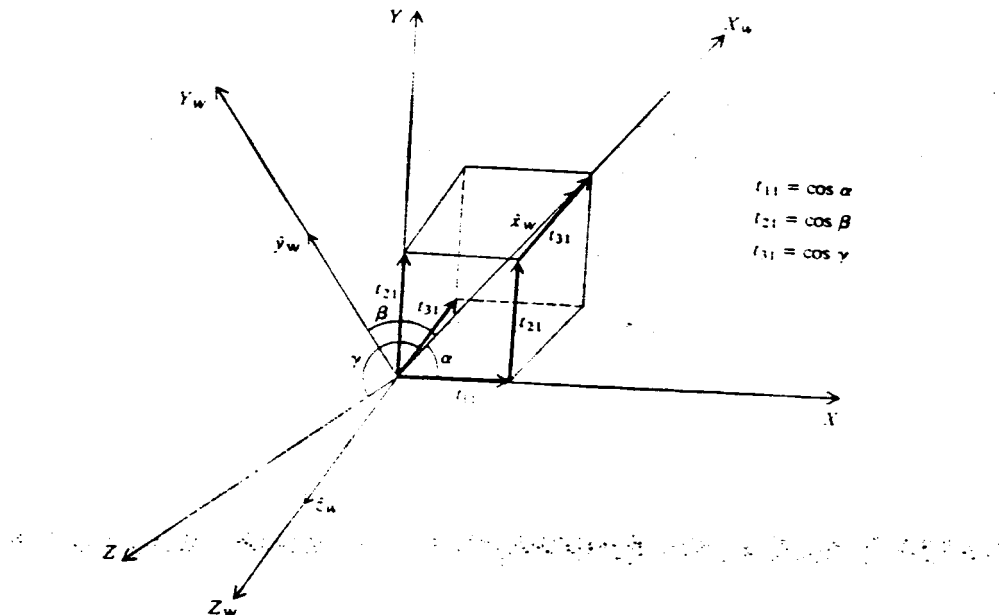
$$[T] = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} & t_{14} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} & t_{24} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} & t_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{M}{W} [R]^M P_{W.ORG} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

οπού

$\frac{M}{W} [R]$  είναι ο πίνακας περιστροφής που ορίζει το εργασίας ως προς το μοντέλου

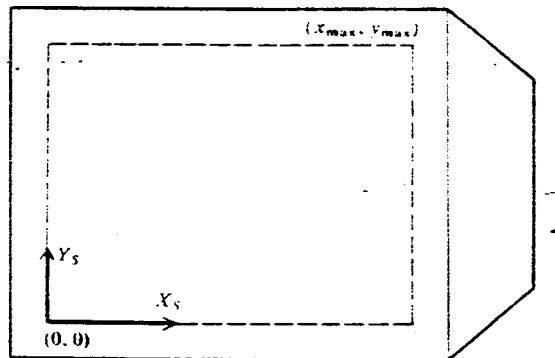
${}^M P_{W.ORG}$  η αρχή της εργασίας ως προς το μοντέλου

Οι στήλες του πίνακα  $\frac{M}{W}[R]$  είναι τα διανύσματα κατεύθυνσης των αξόνων εργασίας ως προς το μοντέλου, σχ. 1.15.

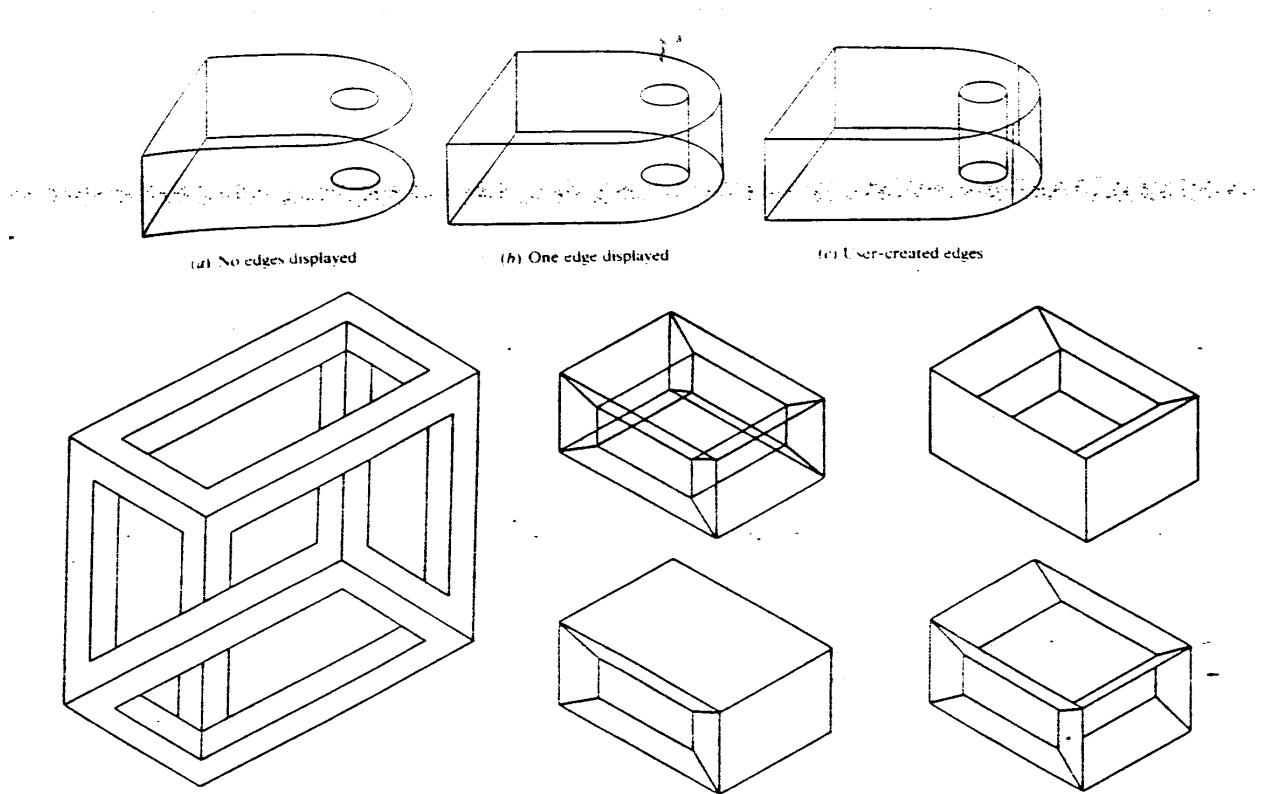


Σχ. 1.15 Διανύσματα κατεύθυνσης του συστήματος εργασίας ως προς το μοντέλο

- σύστημα συντεταγμένων οθόνης, σχ. 1.16,
  - δυδιάστατο σύστημα με αρχή στο κάτω άκρο της οθόνης
  - εύρος τιμών
    - ανάλογα με το είδος της οθόνης πχ για raster 1024 x 1024 - εύρος τιμών αξόνων (0,0) (1024,1024)
    - ανοιγμένα μεγέθη ανεξάρτητα οθόνης, πχ. από (0,0) μέχρι (1,1)
    - ανάλογα με το μέγεθος που ορίζει ο χρήστης, πχ. μέγεθος χάρτου A με τιμές από (0,0) μέχρι (17,11)

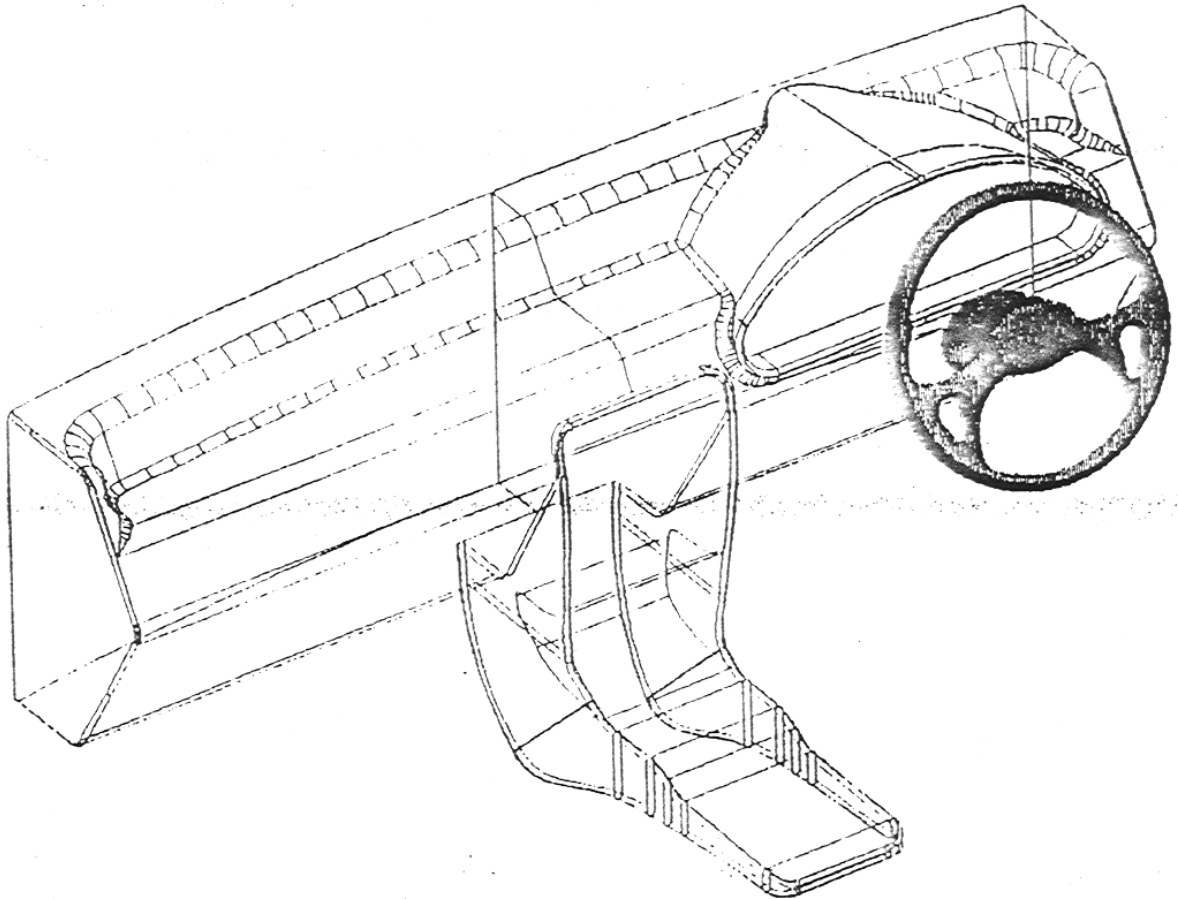


- **Προτερήματα** μοντέλων σύρματος
  - Ευκολία στη χρήση και εκμάδυνση
  - Μικρές απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ
  - Μικρός χρόνος εκπαίδευσης
  - Δεν έχει την ορολογία στερεών και επιφανειών
  - Αποτελεί τη βάση για τα μοντέλα επιφανειών
  
- **Μειονεκτήματα**
  - Μεγάλος χρόνος μοντελοποίησης, πχ ο κύβος
  - Η απεικόνιση δεν είναι μονοδιάστατη
  - Η απόκρυφη κρυφών γραμμών είναι απαραίτητη αλλά εάν δεν είναι αυτόματη είναι χρονοβόρα
  - Δεν είναι προφανής η απεικόνιση ορισμένων στοιχείων στο μοντέλο, πχ. Οπές
  - μικρή χρήση για άλλες εφαρμογές, πχ. pc, fem, υπολογισμός ιδιοτήτων



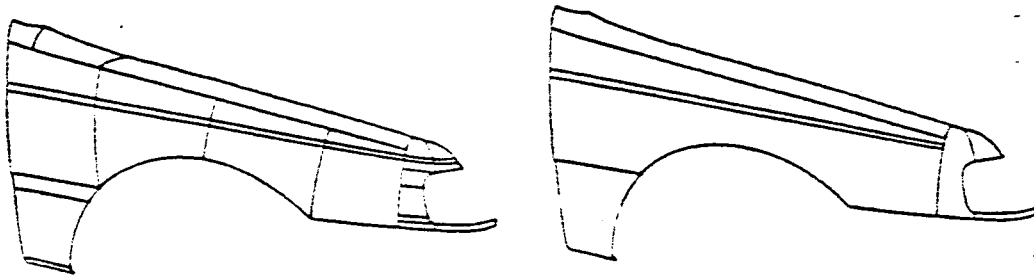
Σχ. 1.17 Εμφάνιση κυλίνδρου σε μοντέλο σύρματος και μοντέλο με αμφίβολη αναπαράσταση.

## 14. ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ – SURFACE MODELING



- Χρήση και αναγκαιότητα μοντέλων με επιφάνειες
  - Πιο διαδεδομένη μορφή μοντελοποίησης, χρήση σε
  - Πλοία, αεροπλάνα, αυτοκίνητα
  - Υποδήματα
  - Συσκευασία (φιάλες, κλπ.)
  - Χυτά, σφυρήλατα και χυτοπρεσαριστά τεμάχια
  
- **Πλεονεκτήματα** έναντι μοντέλων σύρματος
  - Πιο ακριβή αναπαράσταση
  - Δυνατότητα απόκρυφης κρυφών γραμμών και επιφανειών
  - Σκίαση μοντέλων
  - Υπολογισμός όγκου, φυσικών ιδιοτήτων και δημιουργία πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων, δημιουργία πορείας κοπτικού εργαλείου, τομή και έλεγχος παρεμβολής αντικειμένων
  
- Διαφοροποίηση σε σχέση με τα μοντέλα με στερεά

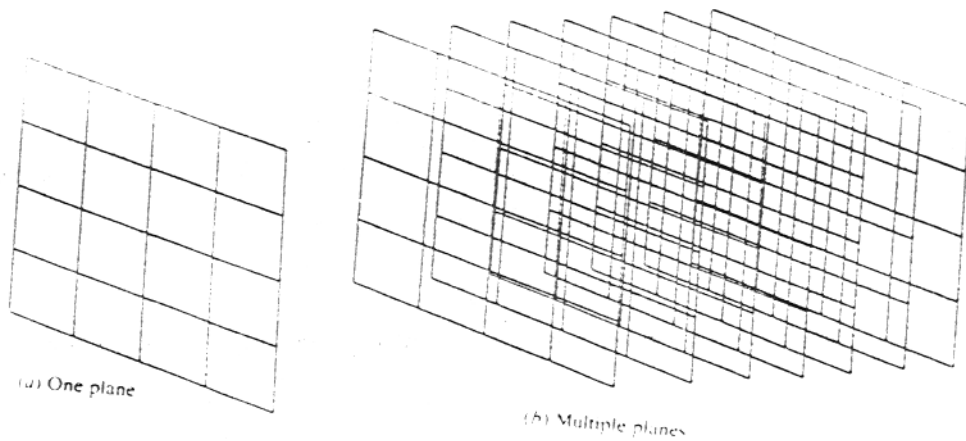
- Δεν παρέχουν πλήρεις τοπολογικές πληροφορίες (μόνο για ης αποκομμένες (trimmed) επιφάνειες)
- **Μειονεκτήματα** χρήσης
  - Δεν ενδείκνυνται για παραγωγή σχεδίων
  - Απαιτείται γνώση μαθηματικών
  - Πολύπλοκα μοντέλα και μεγάλη απαίτηση επεξεργασίας
  - Η δημιουργία του μοντέλου είναι επίπονη και απαιτεί τη δημιουργία και διαχείριση κάποιου μοντέλου σύρματος
- Έννοια του επιφανειακού μπαλώματος, και επίδραση στην δημιουργία του μοντέλου, σχ.1.18.



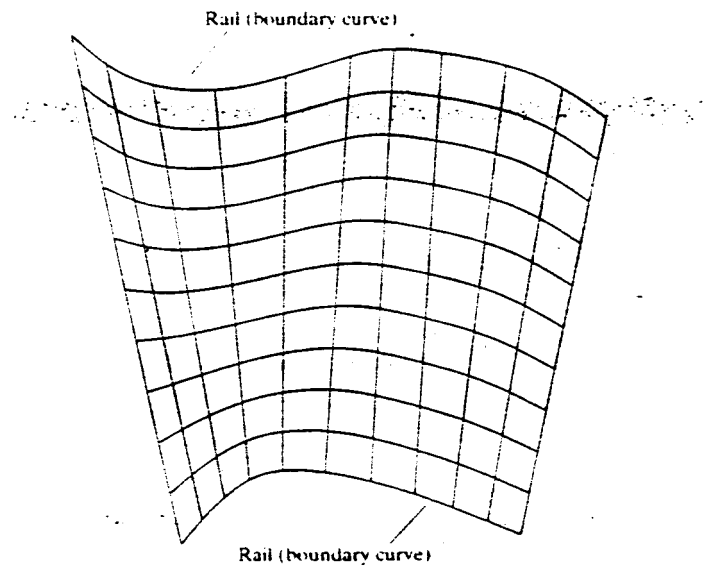
Σχ. 1.18 Επίδραση του εύρους του επιφανειακού μπαλώματος στο τελικό μοντέλο επιφανειών του ιδίου αντικειμένου

- Η γνώση της μαθηματικής αναπαράστασης απαραίτητη για
  - Τη σωστή επιλογή του είδους του επιφανειακού μπαλώματος
  - Κατανόηση μεταβλητών που απαιτούνται από το σύστημα
- Απλά επιφανειακά μπαλώματα
  - Επίπεδη επιφάνεια. Χρησιμοποιείται στην τομή μοντέλου με επίπεδο, στον υπολογισμό ροπής αδράνειας, κλπ.

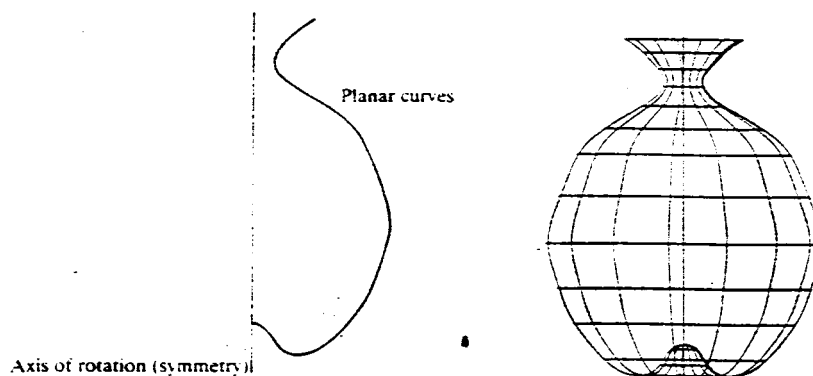




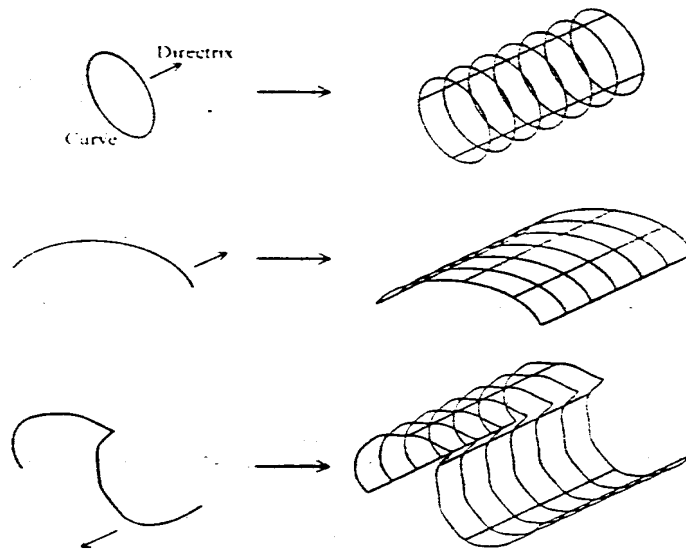
- γραμμική (ruled) επιφάνεια κατάλληλη για επιφάνειες που δεν έχουν συστροφές ή kinks.



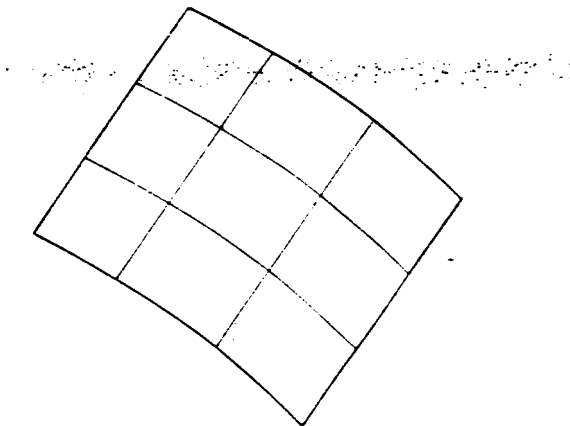
- Επιφάνεια εκ περιστροφής, κατάλληλη για τη μοντελοποίηση αξονοσυμμετρικών αντικειμένων.



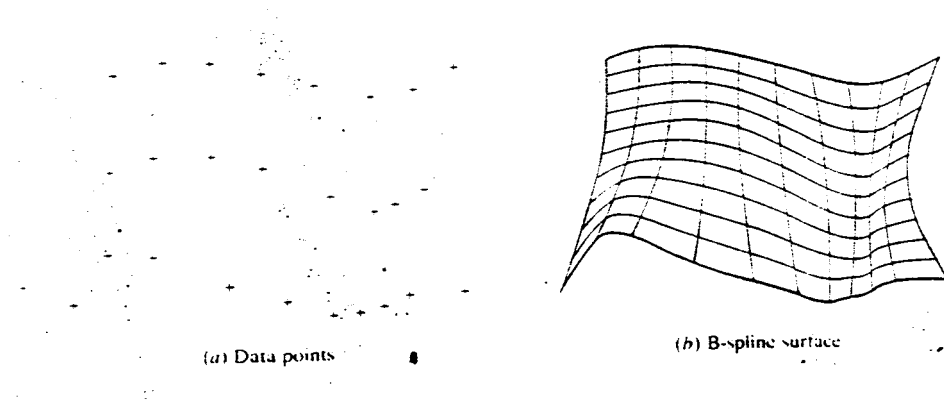
- Τμηματικός κύλινδρος (tabulated cylinder) η μετατοπιζόμενη καμπύλη πρέπει να είναι κάθετη προς τη γενέτειρα χρησιμοποιείται για επιφάνειες με ομοιόμορφη διατομή



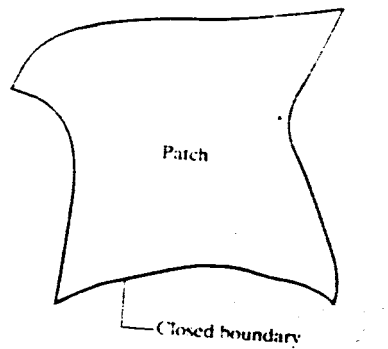
- Σύνθετα επιφανειακά μπαλώματα
  - Επιφάνειες Bezier
    - Προσέγγιση επιφάνειας σε σειρά σημείων
    - Επιτρέπεται συστροφή και kinks της επιφάνειας
    - Μόνο γενικός έλεγχος της επιφάνειας



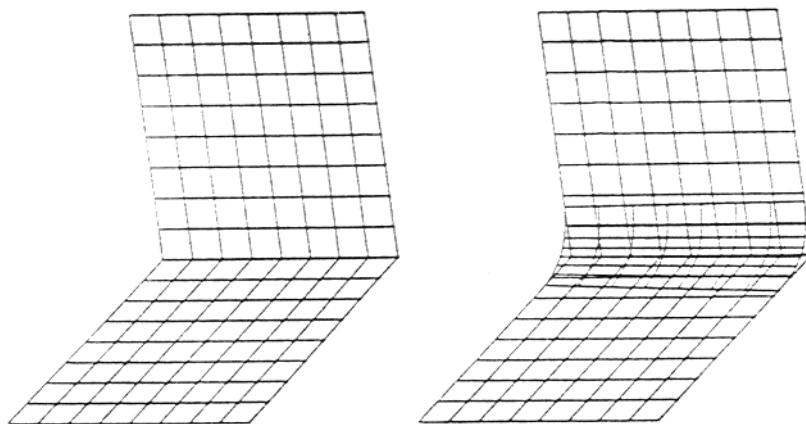
- Επιφάνειες B-spline
  - Προσέγγιση ή παρεμβολή επιφάνειας σε σειρά σημείων
  - Όπως και η bezier αλλά επιτρέπεται και ο τοπικός έλεγχος της επιφάνειας



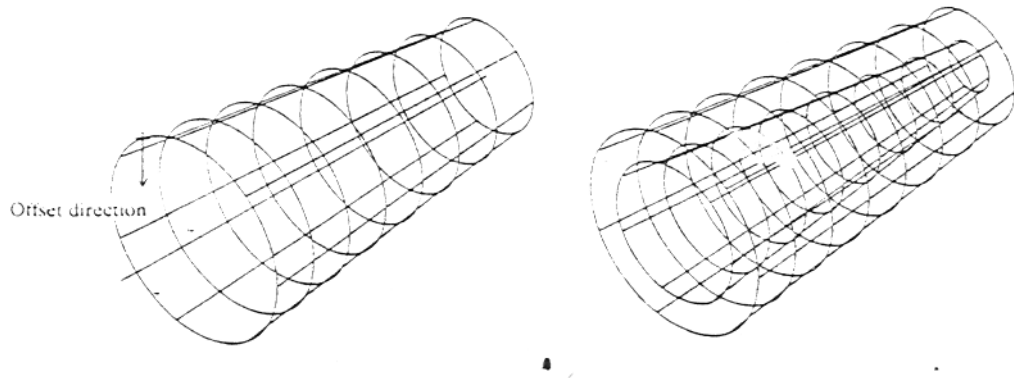
- Επιφάνεια Coons
  - Δημιουργία επιφάνειας με κλειστά όρια



- Επιφάνεια στρογγύλευσης (fillet)
  - B-spline επιφάνεια που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο επιφανειών



- Επιφάνειες επέκτασης (offset)

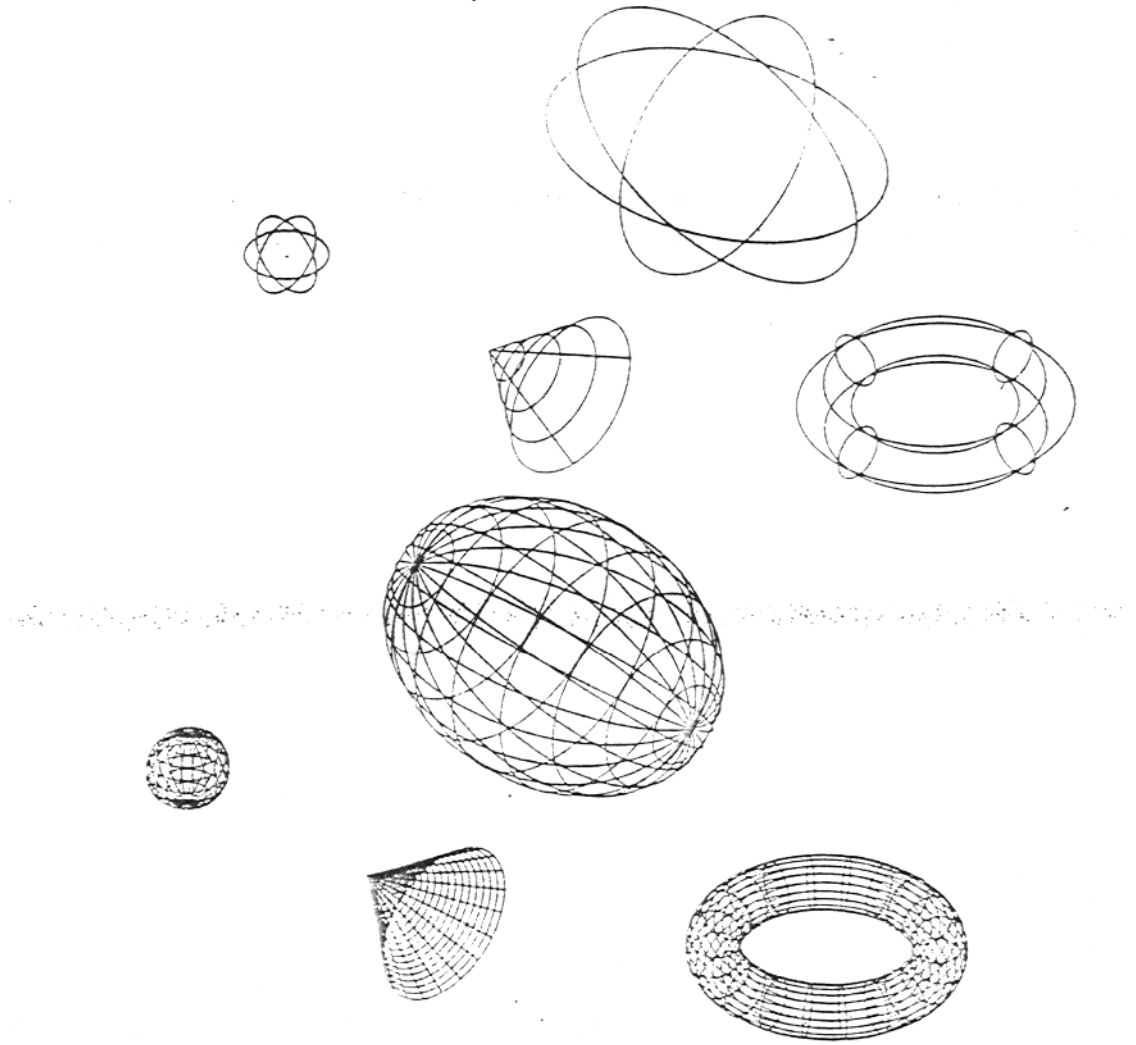


## 15. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

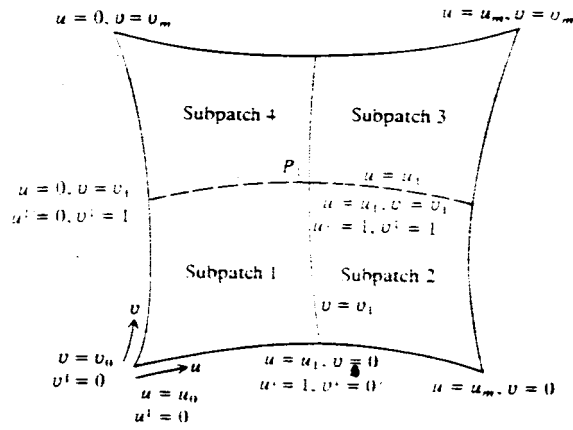
Με τις ενέργειες αυτές δίνεται στο χειριστή η δυνατότητα να διαχειρίζεται τις επιφάνειες

(α) Εμφάνιση στην οθόνη

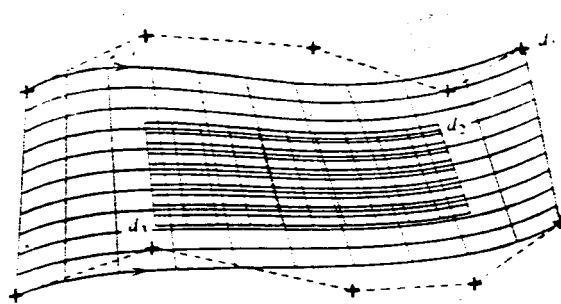
Δημιουργία πλέγματος – εμφάνιση καθέτων διανυσμάτων – σκίαση



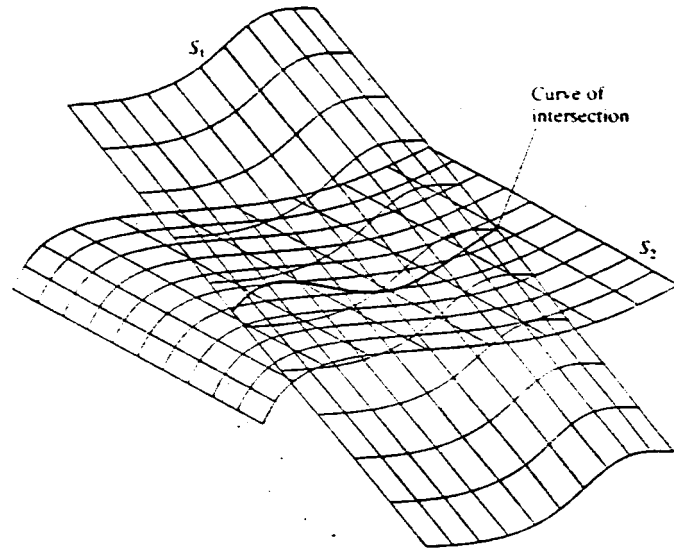
(β) Τμηματοποίηση επιφάνειας



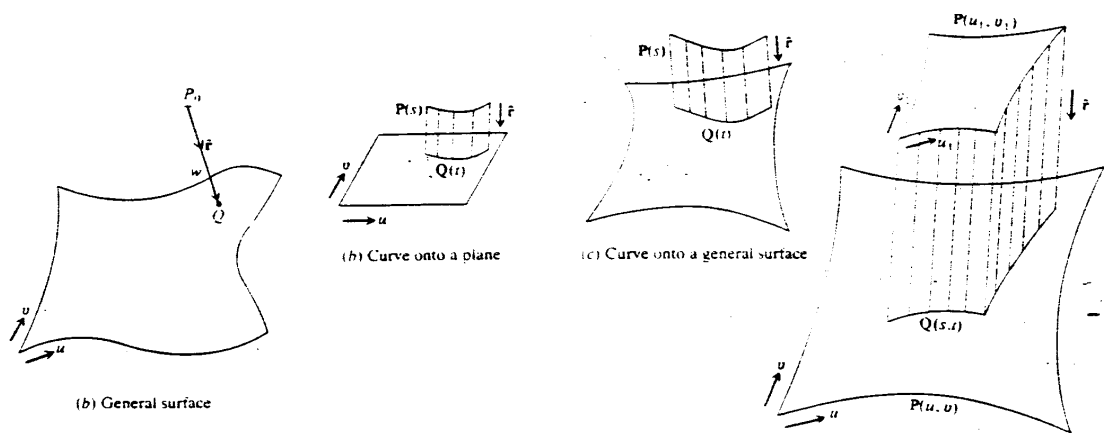
(γ) Αποκοπή τμήματος επιφάνειας – trimming



(δ) Τομή επιφανειών

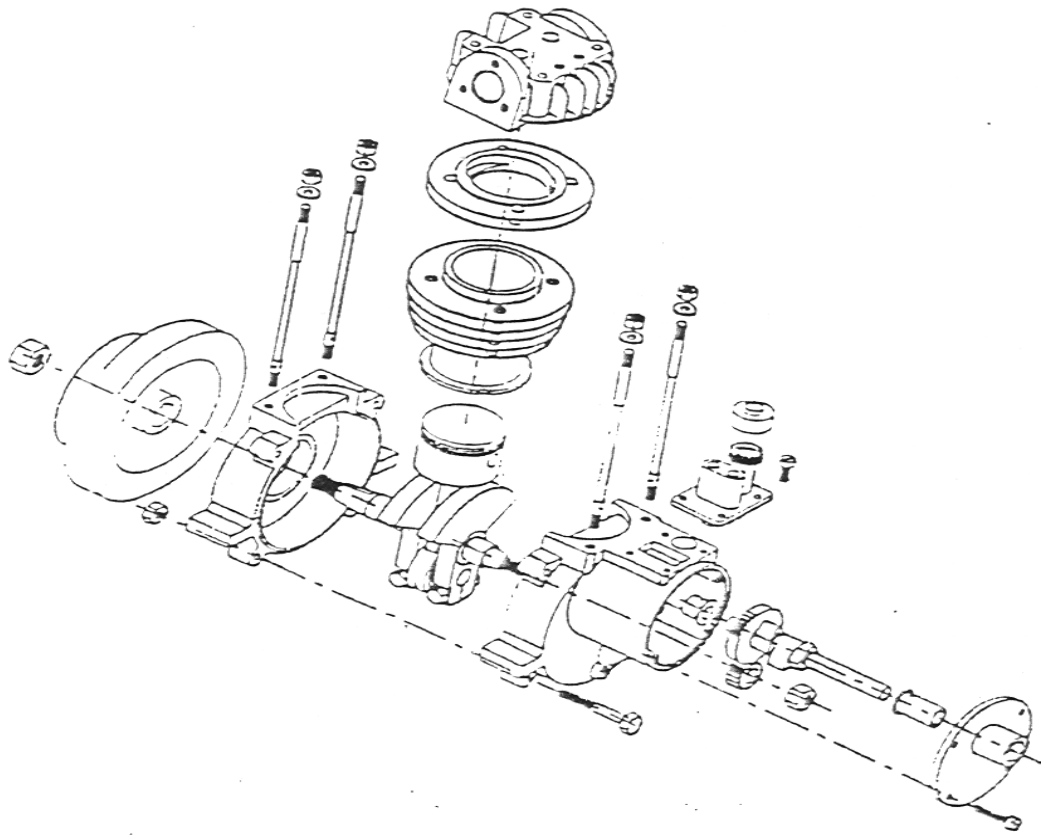


(ε) Προβολή σημείου γραμμής, καμπύλης ή επιφάνειας σε άλλη επιφάνεια

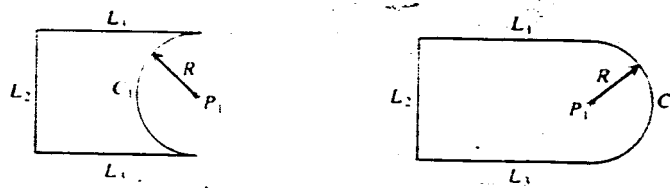


(στ) Μετασχηματισμοί, όπως μετατόπιση, περιστροφή, κατοπισμός και μεγένθυση

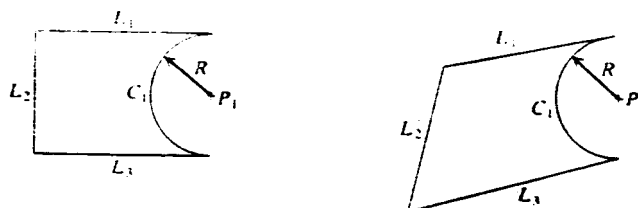
## 16. ΣΤΕΡΕΑ ΜΟΝΤΕΛΑ – SOLID MODELING



Πλήρης, έγκυρη και αναμφίβολη αναπαράσταση αντικειμένων, που επιτυγχάνεται με την καταχώρηση τόσο των γεωμετρικών όσο και των τοπολογικών πληροφοριών.



(a) Same geometry but different topology



(b) Same topology but different geometry



Σχ. 1.19. Διαφορά μεταξύ γεωμετρίας και τοπολογίας ενός αντικειμένου.

Λειτουργίες δημιουργίας στερεού μοντέλου είναι διαφορετικές από την εσωτερική του αναπαράσταση της τοπολογίας του στερεού.

Τρόποι δημιουργίας στερεών

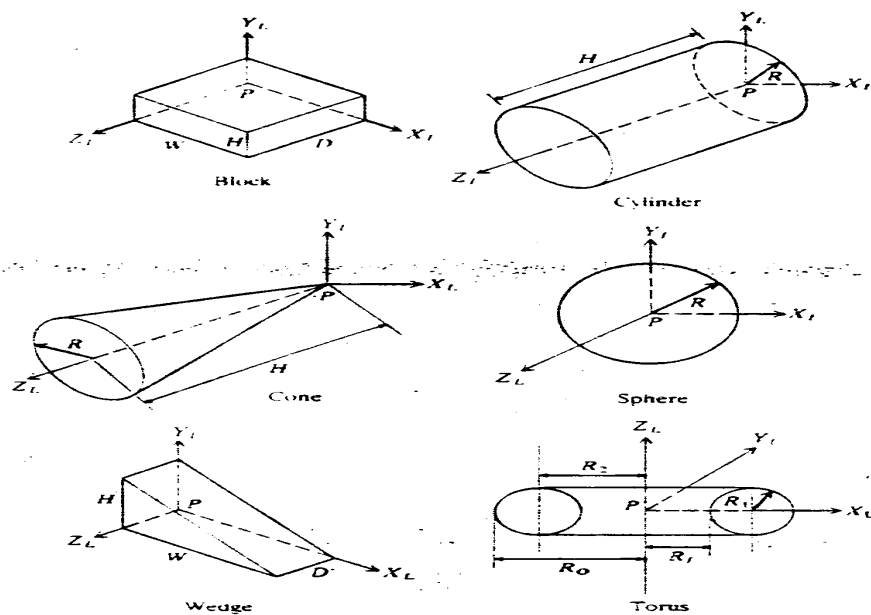
- Από στοιχειώδη στερεά
- Με σάρωση - γραμμική, περιστροφική, καμπύλης
- Με λειτουργίες συνόλων (οοο1β3η)
- Από μοντέλο επιφανειών και ακμών
- Με τομή με επιφάνεια
- Τοπικές μεταβολές
  - Σπάσιμο άκρων
  - Στρογγύλευση άκρων
  - Μετατόπιση οπής

Καταχώρηση γεωμετρικών και τοπολογικών δεδομένων σε αντίθεση με μοντέλα σύρματος και επιφανειών που καταχωρούν μόνο γεωμετρικές πληροφορίες. Μέθοδοι αναπαράστασης τοπολογίας με

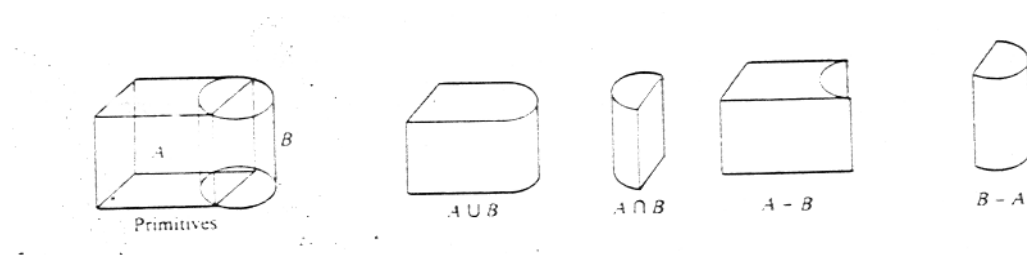
- Ημιχώρους (half-spaces)
- Με συνδυασμό (constructive solid geometry)
- Με οριακή απεικόνιση (boundary representation)
- Αναλυτική στερεά μοντελοποίηση (analytic solid modeling)
- Υποδιαίρεση χώρου (special enumeration)
- Υποδιαίρεση κελυφών (cell decomposition)
- Οκταδική αναπαράσταση (octree encoding}, κλπ.

Οι διάφοροι μέθοδοι αναπαράστασης συγκρίνονται ως προς

- Περιοχή ορισμού (domain)
  - Εγκυρότητα (validity)
  - Πληρότητα ή αναμφισβήτηση (completeness or unambiguousness)
  - Μοναδικότητα (uniqueness)
  - Μέγεθος αρχείου
  - Ευκολία σύνταξης εφαρμογών
-



Σχ. 1.20 Συνήθη στερεά για την δημιουργία μοντέλων.

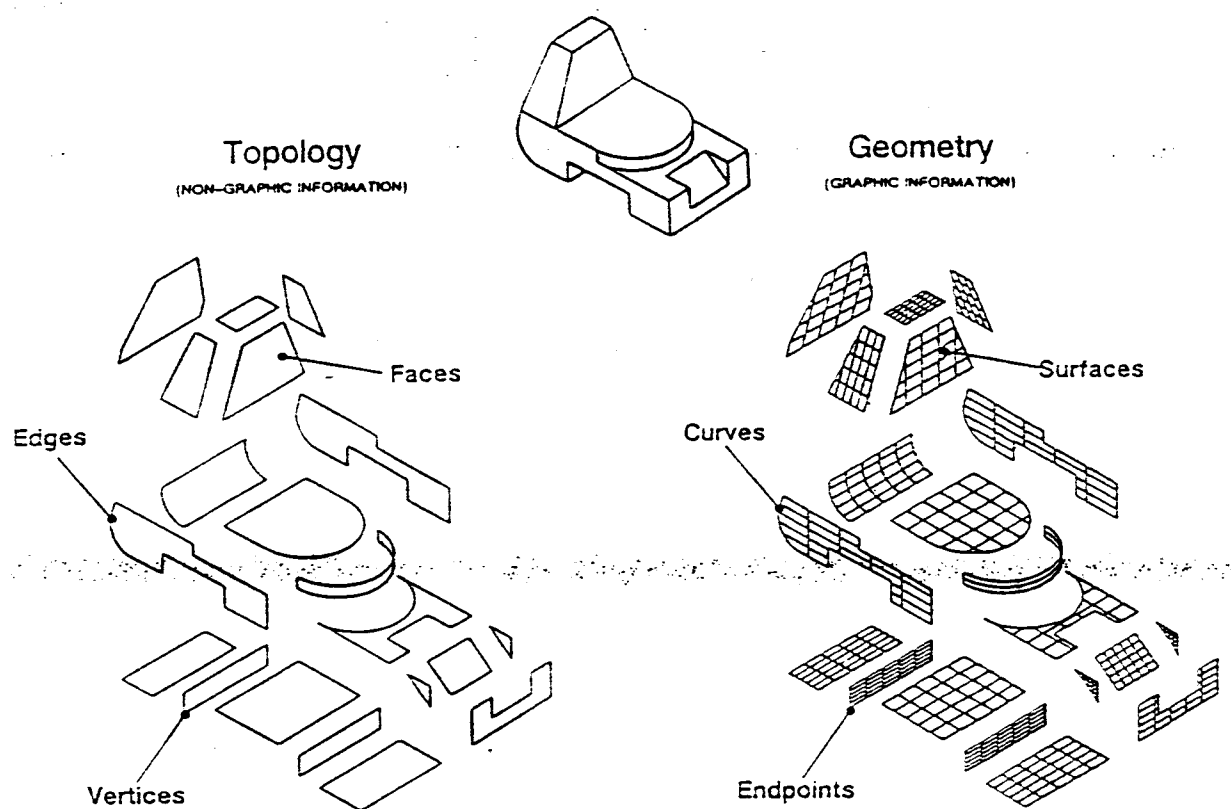


Σχ. 1.21 Λειτουργίες συνόλων μεταξύ κυλίνδρου A και ορθογωνίου B.

## ΟΡΙΑΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ (BOUNDARY REPRESENTATION B-REP)

Συνιστά το πιο διαδεδομένο σήμερα σύστημα αναπαράστασης στερεών.

Κάθε στερεό περιβάλλεται από ένα σύνολο πλευρών, που η κάθε μία περιβάλλεται από ακμές, που ορίζονται μεταξύ δύο κορυφών.



Σχ.1-21. Σχηματική αναπαράσταση τοπολογίας στερεού.

Στη βάση των δεδομένων καταχωρείται η γεωμετρία και η τοπολογία του στερεού.

Το εύρος των αντικειμένων που μπορούμε να μοντελοποιήσουμε εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία που καλύπτονται από το σύστημα

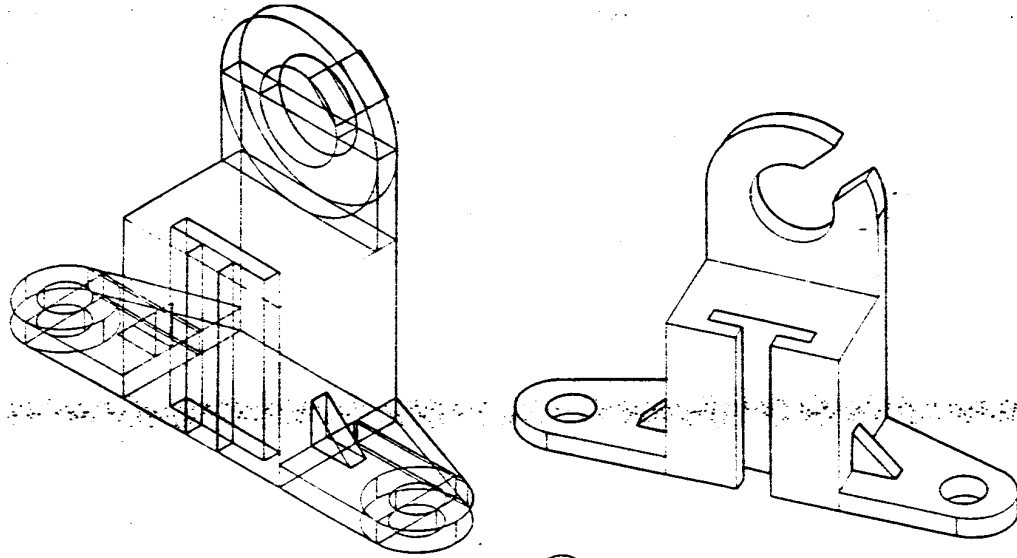
Βασικό στοιχείο σε μοντέλα B-Rep είναι ο ορισμός της πλευράς, της ακμής και της κορυφής και οι συνθήκες βάσει των οποίων συνδυασμοί των στοιχείων αυτών μας δίνουν έγκυρα στερεά μοντέλα.

## CONSTRUCTIVE SOLID GEOMETRY (CSG)

Συνιστούσε τη πιο διαδεδομένη αναπαράσταση στερεών.

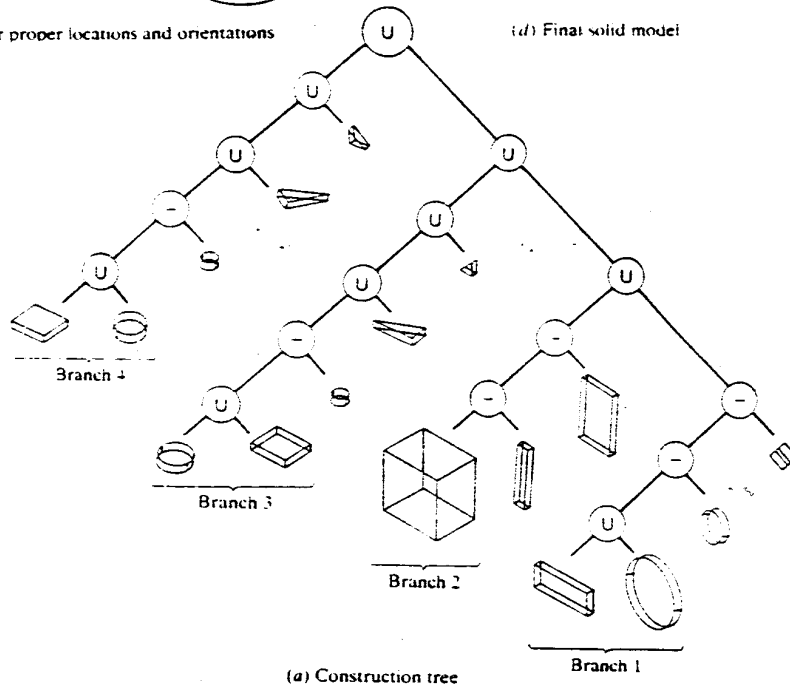
Παρέχει ευκολία στη δημιουργία μοντέλων, στη καταχώρηση τους και στον έλεγχο της εγκυρότητας.

Το μοντέλο δημιουργείται από το συνδυασμό στερεών στοιχείων, στοιχειώδη στερεά, που είναι κλειστά και έγκυρα σύνολα σημείων. Οι συνδυασμοί που επιτρέπονται είναι οι συνήθεις λειτουργίες συνόλων (ένωση, αφαίρεση, τομή).



(c) Primitives in their proper locations and orientations

(d) Final solid model



(a) Construction tree

Σχ. 1.22 Στερεό μοντέλο και λειτουργίες συνόλων στα στοιχειώδη στερεά.

Το πεδίο των στερεών που αναπαριστά ένα σύστημα 030 εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία που υποστηρίζει, συνήθως όμως περιορίζονται στα δευτέρου βαθμού στοιχεία.

Στη Βάση των δεδομένων καταχωρείται η τοπολογία και η γεωμετρία του μοντέλου. Η τοπολογία δημιουργείται από τις λειτουργίες στα κλειστά σύνολα και η γεωμετρική περιγραφή περιλαμβάνει τα δεδομένα περιγραφής των στοιχείων και τους μετασχηματισμούς που εφαρμόζονται σε αυτά.

Στηρίζονται στη θεωρία των γράφων (graphs) και δένδρων (trees).

Τα κύρια στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι:

- ορθογώνιο
- κύλινδρος
- κώνος
- σφαίρα
- σφήνα
- σαμπρέλα

Για κάθε ένα στοιχείο ελέγχεται η εγκυρότητα των δεδομένων περιγραφής του.

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ αποδοτική, με εύκολη κατασκευή μοντέλων από τα στοιχεία, με μικρές απαιτήσεις καταχώρησης και αξιόπιστους αλγόριθμους εφαρμογής.

Μειονέκτημα είναι η αργή ανάδραση και το περιορισμένο πεδίο εφαρμογών.

---

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1 Graetz, J.F.: Handbuch der 3D-CAD-Technik. Modellierung mit 3D-Volumensystemen. Muenchen, SIEMENS AG 1989.
  - 2 Bilalis, N.: Υπολογιστικοί Μέθοδοι σχεδιασμού και Παραγωγής CAD/CAM.
  - 3 Pahl, G.: Konstruieren mit 3D-CAD-Systemen, Grundlagen, Arbeitstechnik, Anwendungen. Berlin: Springer Verlag 1990
  - 4 Faux, I.D.; Pratt M.J.: Computational Geometry for Design and Manufacture. John Wiley, New York, 1979.
  - 5 Rodgers, D.F.; Adams, J.A.: Mathematical Elements for Computer Graphics. McGraw Hill, New York, 1987.
  - 6 Zeid, I.: CAD/CAM theory and practice. McGraw Hill, New York, 1991.
  - 7 Yamaguchi, F.: Curves and Surfaces in Computer Aided Geometric Design. Springer Verlag, 1988
  - 8 Mortenson, M.E.: Geometric Modelling. John Willey, New York, 1985
  - 9 Encarnacao, J., Schlechtendahl, E.G.: Computer Aided Design Fundamentals and System Architecture. Springer Verlag, New York, 1983.
  - 10 Miller, J.R.: Architectural Issues in Solid Modelers. IEEE Computer Graphics & Applications, 10(9); 72-87, 1988
  - 11 Farin, G.: Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design. Academic Design. Academic Press, Third Edition, 1993.
  - 12 Barnhill, R.E; Johnson E.R.: Computer Aided Geometric Design. Academic Press, New York, 1974.
  - 13 Sprur, G; Krause, F.L.: CAD-Technik. Muenchen: Hanser Verlag 1984.
  - 14 Grabowski, H.: Rechnerunterstuetztes Konstruieren (CAD) – Systemfunktionen und Stand der Technik. Computer-Grafik-Markt, 1986. S. 36-51.
  - 15 Mullineux, G.: CAD: Computational Concepts and Methods. Kogan Press, 1986.
  - 16 Boehm, W.; Farin, G.: Computer Aided Geometric Design: Principles and Applications. Eurographics Seminar, 1991.
  - 17 Diedenhoven, H.: CAM-Aufgaben loesen mit CAD-Algorithmen. Konstruktion 37, 1985, Heft 10, S. 387-394
  - 18 Troeder, Ch; Lenssen, Ch.; Spielvogel, A.: Moeglichkeiten zur Generierung dreidimensionaler FE-Strukturen beim Einsatz von CAD-Systemen. CAMP '84, Berlin 1984, S. 202-206
-

- 19 Kimura, F.: Fundamentals of Solid Modelling and its Applications. Vorlesungsscript 1985, Faculty of Engineering University of Tokyo.
  - 20 Piegler, L.: Fundamental Developments in Computer Aided Geometric Design. Academic Press, 1993.
  - 21 Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre. 3. Auflage. Berlin: Springer-Verlag 1993
-